

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1886/2008
(22) Anmeldetag: 03.12.2008
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2010

(51) Int. Cl.⁸: **C02F 1/14** (2006.01)
B01D 1/00 (2006.01)
B01D 5/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 10047522A1 US 3257291A1

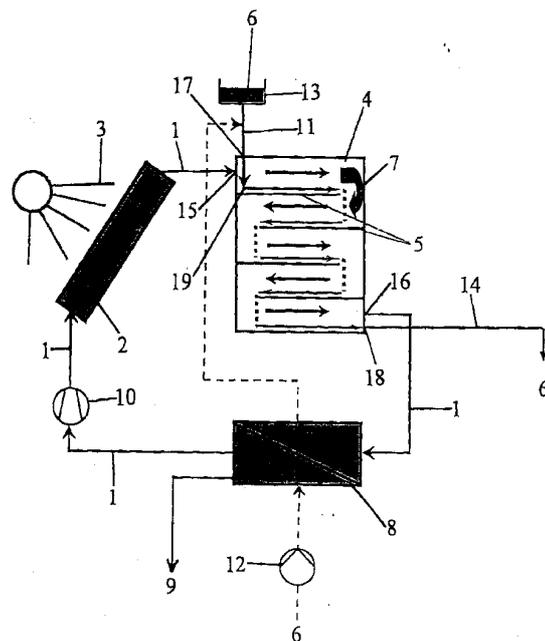
(73) Patentinhaber:
FH OÖ FORSCHUNGS & ENTWICKLUNGS
GMBH
A-4600 WELS (AT)

(72) Erfinder:
KRAFT RUDOLF DIPL.ING.
WELS (AT)

(54) SOLARE KONDENSATIONSANLAGE MIT KASKADENVERDUNSTUNG

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine insbesondere nach diesem Verfahren betriebene Vorrichtung zur Gewinnung einer aufbereiteten Flüssigkeit (9) aus einer kontaminierten Flüssigkeit (6) durch Verdunsten und Kondensieren mit Hilfe von erhitzter Luft als Trägermaterial. Dabei wird die Luft in einem im Wesentlichen geschlossenen Kreislauf (1) durch natürliche Konvektion geführt, wobei die Luft in einem Luftkollektor (2) erhitzt wird um anschließend einen Kaskadenverdunster (4) zu durchstreifen, der von der kontaminierten Flüssigkeit (6) durchflossen wird. Nach Austritt der gesättigten Heißluft (7) aus dem Kaskadenverdunster (4) wird die aufgenommene Feuchtigkeit in einem nachfolgenden Kondensator (8) abgegeben. Dann tritt die abgekühlte und getrocknete Luft wieder in den Luftkollektor (2) ein.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung dient in erster Linie der Gewinnung von Trinkwasser aus diversen Wasserquellen, wie etwa verunreinigtes Flusswasser, Brackwasser oder Meerwasser, sie kann jedoch auch zur Rückgewinnung von leichtflüchtigen Lösungsmitteln aus Flüssigkeitsgemischen, mit oder ohne Feststoffinhalten verwendet werden. Für die Einbringung der erforderlichen Wärmeenergie in die Anlage wird die Verwendung eines Sonnenkollektors beschrieben. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, die erforderliche Wärmeenergie aus anderen Quellen zu beziehen, beispielsweise geothermische Energie, Abgase - beispielsweise aus mobilen Stromerzeugungsaggregaten, Abdampf aus Prozesswärme udgl. mehr.

[0002] Die Bereitstellung von Trinkwasser stellt insbesondere in den Entwicklungsländern Afrikas ein immer drängenderes Problem dar. Um hier Abhilfe zu schaffen, wurden bereits viele unterschiedliche Verfahren zur Trinkwasseraufbereitung entwickelt. So sind zahlreiche mechanische, biologische, chemische und physikalische Verfahren bekannt. Die physikalischen Verfahren arbeiten im Wesentlichen auf den Prinzipien der Osmose, der Elektrolyse oder der Verdampfung. Dabei bietet speziell die Verdampfung eine sehr gute Abtrennung der Schwebstoffe und gelösten Verunreinigungen vom Wasser. Sie hat deshalb bisher die größte Verbreitung erfahren. Dabei wird das Rohwasser im Allgemeinen unter Atmosphärendruck bis zum Siedepunkt erhitzt. In einer anschließenden Kondensationsstufe wird das aufgereinigte Trinkwasser gewonnen. Durch Auskristallisieren der gelösten Stoffe können hier aber Probleme auftreten, beispielsweise kann es zu Verstopfungen in Anlageteilen kommen, welche zu Betriebsstörungen führen.

[0003] Bei der Verdampfung ist zudem ein hoher Energieeinsatz erforderlich, wobei in den von Wassermangel betroffenen Ländern meist auch Energie Mangelware ist, ausgenommen solare Energie, diese ist meist in hohem Ausmaß vorhanden.

[0004] Es war daher naheliegend, dass in den letzten Jahren viele Ideen aufgetaucht sind, Frischwassererzeugungsanlagen mit Sonnenkollektoren auszustatten. Alle diese bekannten Einrichtungen weisen jedoch entscheidende Nachteile auf, beispielsweise dass sie einen zusätzlichen Eintrag von elektrischer Energie erfordern oder wenig effektiv sind, aus komplizierten Bauteilen aufgebaut sind, deren Bedienung geschultes Fachpersonal benötigt und wartungsintensiv sind. Auch ist es meist unmöglich mit einfachen Mitteln entsprechende Ersatzteile bereit zu stellen.

[0005] Die DE 100 47 522 A zeigt ein Verfahren zum Entsalzen von Meerwasser in einen Kreisprozess mithilfe von erhitzter Luft, die durch einen Verdunster geführt wird und in einem nachfolgenden Kondensator Feuchtigkeit abgibt. Weiters ist es aus der US 3,257,291 A bekannt, Meerwasser durch aufeinanderfolgendes Verdunsten und Kondensieren mithilfe von erhitzter Luft zu verdampfen. Der Wirkungsgrad dieser bekannten Verfahren bzw. Vorrichtungen ist beschränkt und daher sind solche Vorrichtungen vergleichsweise kostenintensiv.

[0006] Die vorliegende Erfindung stellt sich daher die Aufgabe, eine Vorrichtung zur Gewinnung reiner Flüssigkeiten, insbesondere trinkbaren Wassers zu schaffen, welche bevorzugt ohne zusätzlicher elektrischer Energie auskommt, im Wesentlichen wartungsfrei ist, aus modularen Bauteilen besteht, welche mit den auch in unwegsamen Gegenden vorhandenen Mitteln leicht zum Einsatzort transportiert werden können, auch von Nichtfachleuten zusammen gebaut werden können, kostengünstig in ihrer Herstellung sind und mit vor Ort vorhandener Energie, wie beispielsweise Solarenergie oder Abwärme aus vorhandenen Wärmequellen betrieben werden kann.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den technischen Merkmalen von Anspruch 1. Eine Vorrichtung insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 ist in Anspruch 7 benannt. Alternative Ausführungsformen oder vorteilhafte Weiterentwicklungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0008] Das Verfahren beruht auf der Überlegung, dass zur Verdunstung einer Flüssigkeit ein erheblich geringerer Energieeintrag erforderlich ist als zu ihrer Verdampfung und die Leistung einer Vorrichtung der gattungsgemäßen Art wesentlich vom Wärmeinhalt der kontaminierten Flüssigkeit und dem Trägermedium, sowie von deren Temperaturdifferenz bei der Abtrennung der aufbereite-

ten Flüssigkeit abhängen. Dabei sollen die Verfahrensparameter insbesondere auf die örtlichen Gegebenheiten am Einsatzort angepasst sein und eine möglichst hohe Wärmerückgewinnung möglich sein, um temperatur- und energieeintragsoptimierte Verhältnisse zu schaffen.

[0009] Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die genannten Aufgaben gelöst und Überlegungen umgesetzt, indem die Gewinnung einer aufbereiteten Flüssigkeit aus einer kontaminierten Flüssigkeit durch Verdunsten und Kondensieren mit Hilfe von erhitzter Luft als Trägermaterial durchgeführt wird, wobei die Luft in einem im Wesentlichen geschlossenen Kreislauf durch natürliche Konvektion transportiert wird. In diesem Kreislauf sind ein Luftkollektor zur Erhitzung der Trägerluft, ein Kaskadenverdunster und ein Kondensator zur Abkühlung des Trägermaterials Luft und Gewinnung der aufbereiteten Flüssigkeit als Kondensat integriert.

[0010] Wird das Verfahren eingesetzt zur Gewinnung von Trinkwasser, so kann als kontaminierte Flüssigkeit jede Wasserquelle herangezogen werden, beispielsweise Meer-, Seen-, Fluss-, Quell-, Grund- oder auch Brackwasser. Dieses Wasser kann durchaus mit Schwebstoffen oder gelösten Stoffen belastet sein. Alle diese unerwünschten Inhaltsstoffe werden bei einer Verdunstung genauso sicher in der kontaminierten, aufkonzentrierten Flüssigkeit zurück gehalten wie bei einer Verdampfung.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren ist aber auch zur Rückgewinnung von leichtflüchtigen Lösungsmitteln aus Flüssigkeitsgemischen geeignet. Lediglich bei den von der Flüssigkeit oder ihren Dämpfen benetzten Anlagenteilen ist auf die Auswahl des Materials Bedacht zu nehmen. Der Aufbau der Vorrichtung vereinfacht sich auch durch den Umstand, dass das Verfahren bei Normaldruck betrieben wird.

[0012] Die natürliche Konvektion der Luft im Kreislauf beruht auf dem Prinzip, dass heiße Luft in einem geschlossenen Kreislauf aufsteigt, während kalte Luft darin absinkt. Durch eine senkrechte oder schräge Anordnung des Luftkollektors wird dieser Effekt noch unterstützt.

[0013] Eine schräge Anordnung bietet sich insbesondere dann an, wenn der Luftkollektor als Sonnenkollektor ausgebildet ist. Dabei wird die Luft unterhalb der lichtdurchlässigen Abdeckung durch die Sonneneinstrahlung erwärmt, wobei dieser Effekt noch durch einen Kollektorboden aus geschwärztem Blech unterstützt wird. Abstrahlungsverluste können durch bekannte Isolierungsmaßnahmen erheblich reduziert werden.

[0014] Es ist aber auch möglich über entsprechende Einbauten im Luftkollektor, beispielsweise Spiral- oder Registerrohre die Wärme aus anderen Wärmequellen zur Erhitzung der Trägerluft heranzuziehen. Je nach örtlichen Gegebenheiten kommen dafür beispielsweise Abgase aus einem Stromaggregat, Prozesswärme, geothermische Energie usw. in Frage.

[0015] Im Folgenden wird das Verfahren anhand der einzigen Figur näher erläutert. Darin wird zur Vereinfachung der Darstellung des Verfahrensprinzips Sonneneinstrahlung als Energiequelle angenommen. Auch die hier gezeigte Ausgestaltung des Kaskadenverdunsters dient lediglich der Veranschaulichung des Prinzips und stellt daher keine Einschränkung seiner Bauweise dar.

[0016] Die in dem im Wesentlichen geschlossenen Kreislauf 1 geführte Luft wird im Luftkollektor 2 durch die Sonneneinstrahlung 3 und/oder durch indirekte Übertragung der Abwärme aus einer anderen Wärmequelle erhitzt, steigt durch natürliche Konvektion auf und tritt durch die Eintrittsöffnung 15 in den Kaskadenverdunster 4 ein, in welchem eine vorgegebene Anzahl von waagrechten oder leicht schräg gestellten Verdunsterblechen 5 so angeordnet sind, dass die in den Kaskadenverdunster 4 - bevorzugt über einen siphonartigen Einbau 17 - eingebrachte, kontaminierte Flüssigkeit 6 auf ihrem Weg durch den Kaskadenverdunster 4 einen möglichst langen Weg hat. Dabei wird von der über den Flüssigkeitsfilm gleitenden heißen Luft 7 ein Teil der Flüssigkeit in Form von Dampf aufgenommen. Der mit den Verunreinigungen auf konzentrierte Rest an kontaminierter Flüssigkeit 6 wird im unteren Bereich des Kaskadenverdunsters 4, bevorzugt über einen siphonartigen Einbau 18 abgeleitet und in geeigneter Weise entsorgt. Die mit Feuchtigkeit gesättigte Heißluft 7 wird durch die Austrittsöffnung 16 aus dem Kaskadenverdunster 4 heraus einem Kondensator 8 zugeführt, in welchem der Wärmeinhalt der Heißluft 7 - bevorzugt durch indirekten Kontakt mit frischer kontaminierter Flüssigkeit 6 - abgezogen wird. Das dabei in Tröpfchenform anfallende

Kondensat 9 wird aus dem Kondensator abgeführt und die abgekühlte Transportluft strömt wieder in den Luftkollektor 2 ein. Der Luftkollektor 2 ist dabei schräg oder senkrecht angeordnet, um die natürliche Konvektion der Transportluft zu unterstützen.

[0017] In einer alternativen Ausführung wird die Luftkonvektion durch einen zusätzlichen Ventilator 10 unterstützt. Der Zulauf von kontaminierter Flüssigkeit 6 in den Kondensator 8 und weiter in die Zulaufleitung 11 zum Kaskadenverdunster 4 erfolgt über die Pumpe 12. Natürlich ist es auch möglich, die kontaminierte Flüssigkeit 6 direkt, also ohne Vorerwärmung im Kondensator 8 über eine Eintragsvorrichtung 13 beliebiger Bauart dem Kaskadenverdunster 4 zuzuführen.

[0018] Der Eintritt der kontaminierten Flüssigkeit 6 in den Kaskadenverdunster 4 über die Zulaufleitung 11 erfolgt bevorzugt über einen siphonartigen Einbau 17. Am Beginn der Austragungsleitung 14 für die aufkonzentrierte kontaminierte Flüssigkeit 6 ist bevorzugt ebenfalls ein siphonartiger Einbau 18 vorgesehen, um eine weitgehende Geschlossenheit des Kreislaufs 1 zu gewährleisten.

[0019] Besonders bevorzugt mündet die Zulaufleitung 11 für die kontaminierte Flüssigkeit 6 in einer Verteileinrichtung 19, beispielsweise einer Querrinne, welche am oder über dem ersten Verdunsterblech 5 angeordnet ist.

[0020] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird den Verdunsterblechen 5 über zusätzliche, hier nicht dargestellte Einrichtungen Wärme zugeführt, um eine zu hohe Abkühlung durch Verdunstungsenergie zu kompensieren. Solche Einrichtungen können beispielsweise nach außen ragende, von der Sonne oder durch andere Wärmequellen erwärmte Metallbleche sein, die mit den Verdunsterblechen 5 in gut wärmeübertragendem Kontakt stehen. Es sind alternativ jedoch auch viele andere, dem Fachmann geläufige Konstruktionen denkbar. Um einem Wärmeverlust des Kaskadenverdunstens 4 vorzubeugen ist es auch möglich, diesen wärmeisoliert auszubilden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung einer aufbereiteten Flüssigkeit (9) aus einer kontaminierten Flüssigkeit (6) durch Verdunsten und Kondensieren mit Hilfe von erhitzter Luft als Trägermaterial, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Luft in einem im Wesentlichen geschlossenen Kreislauf (1) durch natürliche Konvektion geführt wird, wobei die Luft in einem Luftkollektor (2) erhitzt, anschließend einen Kaskadenverdunster (4) durchstreift, der von der kontaminierten Flüssigkeit (6) durchflossen wird, um anschließend die im Kaskadenverdunster (4) aufgenommene Feuchtigkeit in einem nachfolgenden Kondensator (8) abzugeben, bevor sie wieder in den Luftkollektor (2) eintritt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erhitzte Luft (7) und die kontaminierte Flüssigkeit (6) den Kaskadenverdunster (4) in derselben Richtung oder in entgegengesetzter Richtung durchlaufen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die kontaminierte Flüssigkeit (6) Meer-, Brack-, Fluss-, See- oder verunreinigtes Quell- oder Grundwasser und die aufbereitete Flüssigkeit (9) Trinkwasser ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die kontaminierte Flüssigkeit (6) ein Gemenge aus leichtflüchtigem Lösungsmittel in anderen Flüssigkeiten mit oder ohne Feststoffe oder gelösten Stoffen und die aufbereitete Flüssigkeit (9) das leichtflüchtige Lösungsmittel ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die kontaminierte Flüssigkeit (6) im Kondensator (8) vorgewärmt wird unter gleichzeitiger Abkühlung der Luft und Kondensation der aufbereiteten Flüssigkeit (9).
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die natürliche Konvektion der Luft im Luftkreislauf (1) durch einen Ventilator (10) unterstützt wird.

7. Vorrichtung zur Gewinnung einer aufbereiteten Flüssigkeit (9) in Form eines Kondensats aus einer kontaminierten Flüssigkeit (6) durch Verdunsten und Kondensieren, insbesondere nach einem Verfahren gemäß der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch einen im Wesentlichen geschlossenen Kreislauf (1) mit Luft als Trägermaterial bei Normaldruck in den ein senkrecht oder schräg angeordneter Luftkollektor (2) mit Einrichtungen zur Aufnahme von Wärme aus einer externen Wärmequelle und Abgabe dieser Wärme an die Luft, ein Kaskadenverdunster (4) und ein Kondensator (8) integriert sind, sodass sich die Luft durch natürliche Konvektion durch den Kreislauf (1) bewegt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Luftkollektor (2) als Sonnenkollektor ausgebildet ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Luftkollektor (2) mit Einbauten, insbesondere Spiral- oder Registerrohren ausgestattet ist um Wärme aus anderen Wärmequellen, wie beispielsweise geothermische Energie, heiße Abgase etwa aus mobilen Stromerzeugungsaggregaten oder Abdampf aus Prozesswärme dem Trägermaterial Luft zuzuführen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 7, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kaskadenverdunster (4) eine Eintrittsöffnung (15) für Heißluft (7), eine Austrittsöffnung (16) für mit Dunst gesättigte Heißluft (7), eine Mehrzahl von Verdunsterblechen (5), einen Zulauf (11) für die kontaminierte Flüssigkeit (6) und einen Ablauf (14) für aufkonzentrierte Flüssigkeit aufweist, wobei die Verdunsterbleche (5) in waagrechter oder geringfügig schräger Lage angeordnet sind.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verdunsterbleche (5) versetzt zueinander angeordnet sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verdunsterbleche (5) Durchbrüche aufweisen.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verdunsterbleche (5) strömungsverwirbelnd ausgebildet sind.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kaskadenverdunster (4) wärmeisoliert ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Kaskadenverdunster (4), insbesondere über die Verdunsterbleche (5) von Außen Wärme zugeführt wird.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abfuhr von aufkonzentrierter Flüssigkeit aus dem Kaskadenverdunster (4) und bevorzugt auch die Zufuhr von kontaminierter Flüssigkeit (6) in den Kaskadenverdunster (4) über siphonartige Einbauten (17, 18) erfolgen.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die kontaminierte Flüssigkeit (6) über eine Verteileinrichtung (19), insbesondere eine Querrinne dem ersten Verdunsterblech zugeführt wird.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kondensator (8) zur Abkühlung der gesättigten Heißluft (7) unter gleichzeitiger Erwärmung der kontaminierten Flüssigkeit (6) ausgebildet ist ohne dass sich die beiden Medien kontaktieren.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die kontaminierte Flüssigkeit (6) über eine Pumpe (12) dem Kondensator (8) und/oder dem Kaskadenverdunster (4) zugeführt wird.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den im Wesentlichen geschlossenen Luftkreislauf (1) ein Ventilator (10) integriert ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

