



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 661 053 A5

⑤① Int. Cl. 4: C 09 K 5/06
F 24 J 3/06

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENT SCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 4570/82

㉔ Anmeldungsdatum: 28.07.1982

㉓ Priorität(en): 03.08.1981 DE 3130671

㉒ Patent erteilt: 30.06.1987

㉑ Patentschrift veröffentlicht: 30.06.1987

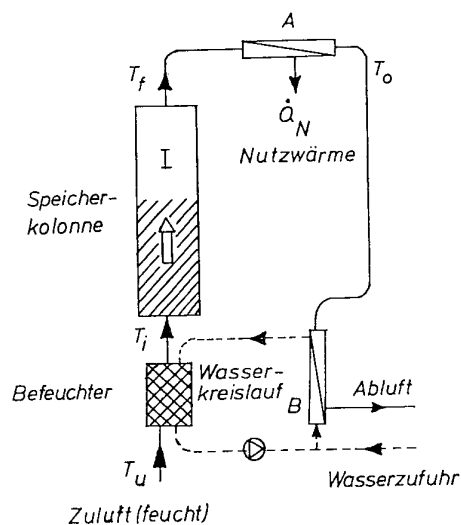
㉑ Inhaber:
Didier-Werke AG, Wiesbaden (DE)

㉒ Erfinder:
Sizmann, Rudolf, Prof. Dr., München 80 (DE)

㉓ Vertreter:
Rebmann-Kupfer & Co., Zürich

⑤④ **Verfahren zur Erhöhung der Temperatur von gasförmigem, inertem Trägermedium beim Abziehen von Nutzwärme aus einem mittels Wassersorption arbeitenden Speichermedium.**

⑤⑦ Das Verfahren betrifft die Temperaturerhöhung beim Abziehen von Nutzwärme aus Speicherkolonnen, welche als Speichermedien insbesondere Zeolithe oder Kieselgel enthalten. Die Abführung der Nutzwärme erfolgt mittels eines in die Speicherkolonne eingeführten, mit Feuchtigkeit beladenen inertem Trägermediums, aus welchem die Nutzwärme nach dem Durchgang durch die Speicherkolonne abgezogen wird. Bei dem erfindungsgemässen Verfahren wird die Restwärme des Trägermediums zur Temperaturerhöhung von Wasser ausgenutzt und dieses Wasser mit höherer Temperatur zur Befeuchtung und Temperaturerhöhung des Trägermediums vor dessen erneutem Einleiten in das Speichermedium verwendet. Das Verfahren ist insbesondere beim Abziehen von Nutzwärme aus der Speicherkolonne zur kalten Jahreszeit und insbesondere an Frosttagen geeignet.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Erhöhung der Temperatur von gasförmigem, inertem Trägermedium beim Abziehen von Nutzwärme aus einem mittels Wassersorption arbeitenden Speichermedium, dadurch gekennzeichnet, dass Restwärme des Trägermediums nach dem Abziehen der Nutzwärme zur Temperaturerhöhung von Wasser ausgenutzt wird, und dass dieses Wasser mit höherer Temperatur zur Befeuchtung und Temperaturerhöhung des Trägermediums vor dessen Einleiten in das Speichermedium verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Trägermedium Luft verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Speichermedium Kieselgel verwendet wird.

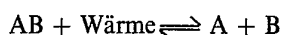
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Speichermedium Zeolith verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sättigung des Trägermediums mit Wasser im Gegenstrom in einem Rieselturm durchgeführt wird.

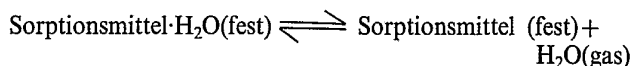
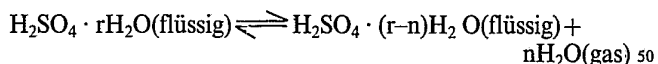
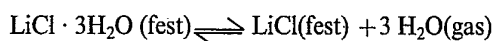
Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung der Temperatur von gasförmigem, inertem Trägermedium beim Abziehen von Nutzwärme aus einem mittels Wassersorption arbeitenden Speichermedium.

Es ist bereits bekannt, Energie aus der Umwelt in einem mittels Wassersorption arbeitenden Speichermedium zu akkumulieren und diese Energie bei Bedarf aus dem Speichermedium abziehen. Solche Energie aus der Umwelt kann insbesondere aus solarer Einstrahlung stammen, siehe hierzu den Aufsatz in Solar Energy, 23 (1979), S. 489–495, wo die Adsorptionswärme von Feuchtigkeit an Zeolith-Molekularsieben ausgenutzt wird. Als weitere Beispiele für Speichermedien seien Kieselgel und CaCl_2 oder auch Lithiumchlorid, Lithiumbromidlösung und Schwefelsäure genannt.

Diese Speichersysteme arbeiten nach den folgenden Gleichungen, wobei die festen Speichermedien hier als «Sorptionen» bezeichnet werden und diese Sorptionen der folgenden allgemeinen Gleichung entsprechen:



Beispiele für einzelne Systeme sind:



Bei dem Abziehen von Nutzwärme aus einem solchen mittels Wassersorption arbeitenden Speichermedium wird das wasserfreie oder wasserärmere Speichermedium mit möglichst feuchter Luft beaufschlagt, durch die Absorption des in dieser Zuluft enthaltenen Wasserdampfgehaltes durch das Speichermedium wird Wärme freigesetzt, die an das gasförmige, inerte Trägermedium abgegeben wird und dessen Temperatur erhöht. Dieses gasförmige, inerte Trägermedium, das sich dann auf einem höheren Temperaturniveau befindet, kann dann die in ihm enthaltene Nutzwärme in einem Wärmetauscher, beispielsweise an ein Heizungssystem, abgeben.

Der Vorteil solcher mittels Wassersorption arbeitender Speichermedien liegt darin, dass in ihnen die gespeicherte

Energie beliebig lange aufbewahrt werden kann, vorausgesetzt, dass der Zutritt von Wasser zu dem Speichermedium verhindert wird. Dies ist jedoch ohne weiteres möglich, wenn das mit Energie beladene, d.h. weitgehend oder vollständig trockene Speichermedium gegenüber der Atmosphäre, d.h. dem Zutritt von feuchter Luft, oder gegenüber dem Zutritt von Wasserdampf in einem geschlossenen System abgeschlossen wird. Dies ist bei der üblichen Aufbewahrung des Speichermediums bei solchen Anlagen in Behältern ohne weiteres möglich. Bei Bedarf kann dann durch Zufuhr von feuchter Luft die Nutzwärme aus dem Speichermedium abgezogen werden, beispielsweise kann ein Speichermedium im Sommer oder im Fall der Verfügbarkeit von trockener Luft energetisch beladen werden und dieses trockene Speichermedium in abgeschlossenen Kolonnen bis zur kalten Jahreszeit im energiebeladenen Zustand aufbewahrt werden und dann in dieser kalten Jahreszeit Nutzwärme aus dem Speichermedium für Heizzwecke durch Einleiten von feuchtem Trägermedium abgezogen werden.

Es hat sich nun herausgestellt, dass beim Abziehen von Nutzwärme aus einem solchen energiebeladenen, d.h. trockenen, Speichermedium durch Zufuhr von feuchter Luft zur kalten Jahreszeit und insbesondere an kalten Wintertagen, an denen ein besonders hohes Temperaturniveau der abgezogenen Nutzwärme erforderlich ist, die Zufuhr von feuchter Zuluft zu dem beladenen Speichermedium kein wünschenswert hohes Temperaturniveau, z.B. von 60 °C, ergibt, wie dies zum Betrieb einer üblichen Radiatorheizung wünschenswert wäre. Der Grund hierfür liegt darin, dass bei dem Abziehen von Nutzwärme aus dem beladenen Speichermedium normalerweise Umgebungsluft verwendet wird, die beispielsweise durch Abziehen von Luft aus dem Boden gewonnen werden kann. Ein solches Abziehen von Luft aus dem Boden ist insbesondere zur kalten Jahreszeit und an Frosttagen vorteilhaft oder sogar auch erforderlich, da sonst keine ausreichend feuchte Luft mit geeigneter Temperatur als Zuluft zur Verfügung steht. Versuche haben jedoch ergeben, dass man selbst an kalten Wintertagen durch Abziehen von Luft aus frostfreien Schichten eines geeignet durchlässigen Bodens, der eventuell auch künstlich durch eine Kiesschüttung vorbereitet ist, Zuluft von im Durchschnitt 10 °C und 80 bis 100% relativer Feuchte erhalten kann.

Wenn solche Zuluft von 10 °C und 100% relativer Feuchte zu trockenem, d.h. energiebeladenem Kieselgel als Speichermedium zugeführt wird, kann eine Temperatursteigerung um 30 K erreicht werden, d.h. die aus diesem Speichermedium abgezogene Nutzwärme liegt auf einem Temperaturniveau von etwa 40 °C. Dies ist, wie bereits zuvor ausgeführt, jedoch an kalten Tagen, an denen besonders ein höheres Temperaturniveau erwünscht wäre, oder für andere Anwendungen wie Brauchwarmwasserbereitung, oft nicht ausreichend.

Gemäss einem älteren Vorschlag in der CH-PS 651 915 wurde vorgeschlagen zur Erhöhung des Temperaturniveaus der Nutzwärme eine Nachbefeuchtung durchzuführen, siehe die Arbeitsweisen gemäss Fig. 4 und 5 dieses älteren Patentes.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die dort beschriebenen Arbeitsweisen der Nachbefeuchtung noch weiter zu verbessern und das Temperaturniveau der aus dem Speichermedium abgezogenen Nutzwärme noch weiter zu erhöhen.

Zur Lösung dieser Aufgabe dient das erfindungsgemässe Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass Restwärme des Trägermediums nach dem Abziehen der Nutzwärme zur Temperaturerhöhung von Wasser ausgenutzt wird, und dass dieses Wasser mit höherer Temperatur zur Befeuchtung und Temperaturerhöhung des Trägermediums vor dessen Einlei-

ten in das Speichermedium verwendet wird.

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform wird bei dem erfindungsgemässen Verfahren Luft als Trägermedium verwendet.

Gemäss einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird bei dem Verfahren Kieselgel als Speichermedium verwendet. Hierbei hat sich das Verfahren als besonders wirksam erwiesen, ebenso bei der Verwendung von Zeolith als Speichermedium.

Gemäss einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Sättigung des Trägermediums mit Wasser im Gegenstrom in einem Rieselturm durchgeführt, wodurch ein besonders guter Wirkungsgrad und eine einfache Durchführung erreicht werden.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert; in der Zeichnung sind:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer nicht unter der Erfindung fallenden Anlage zum Abziehen von Nutzwärme aus einem Speichermedium, wobei hier feuchte Umgebungsluft verwendet wird;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Anlage, welche nach dem erfindungsgemässen Verfahren mit einem offenen System arbeitet und bei welchem eine Nachbefeuchtung der zugeführten Zuluft stattfindet;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Anlage, welche ebenfalls nach dem erfindungsgemässen Verfahren, jedoch mit einem geschlossenen System arbeitet und bei welchem ebenfalls eine Nachbefeuchtung durchgeführt wird.

In der Fig. 1 ist eine vorbekannte Verfahrensweise dargestellt, wobei sich in der Kolonne I im schraffierten Bereich bereits energieentladenes Speichermedium und oberhalb hiervon noch energiebeladenes, d.h. trockenes Speichermedium, im vorliegenden Fall in Form eines engporigen Kieselgels, befindet. Diesem Speichermedium I wird am Unterteil der Kolonne feuchte Zuluft mit einer Temperatur $T_u = 10^\circ\text{C}$ und einer relativen Feuchte $\mathcal{M} = 100\%$ zugeführt. Eine solche Zuluft kann als Umgebungsluft aus einer frostsicheren, luftdurchlässigen, gegebenenfalls mit Wasser berieselten Bodenschicht ohne weiteres gewonnen werden. Bei adiabatischer Führung des Verfahrens tritt aus dem Oberteil der mit dem Speichermedium I beladenen Kolonne trockene Luft aus, da die Feuchtigkeit der Zuluft in dem trockenen, engporigen Kieselgel vollständig absorbiert wurde. Das Temperaturniveau der austretenden Luft ergab sich bei Messungen zu $T_f = 39^\circ\text{C}$. Aus dieser Luft als gasförmigem, inertem Trägermedium, das sich auf 39°C befindet, kann in dem anschliessenden Wärmetauscher A Nutzwärme $\dot{Q}_N$ abgezogen werden, wobei die Temperatur der Luft beim Austritt aus dem Wärmetauscher A auf $T_0 = 30^\circ\text{C}$ gesunken ist. Nutzwärme $\dot{Q}_N$ mit einem Temperaturniveau von maximal 39°C kann dann für Heizzwecke oder zur Bereitung von Warmwasser verwendet werden.

Bei dem erfindungsgemässen Verfahren, wie dies in der Fig. 2 dargestellt ist, wird diese aus dem Wärmetauscher A austretende, sich noch auf dieser höheren Temperatur befindliche Luft durch einen zweiten Wärmetauscher B geleitet, in welchem die Restwärme der Luft von 30°C an Wasser abgegeben wird. Dieses Wasser wird durch den Wärmetauscher B im Kreislauf geführt und kann eine Maximaltemperatur von 17°C erreichen. Dieses Wasser von höherer Temperatur wird zum Oberteil eines vor die Kolonne mit dem Speichermedium I vorgeschalteten Befeuchters geführt und dient zur Erhöhung der Temperatur der am Unterteil des Befeuchters zugeführten Zuluft und zu deren vollständigen oder weitgehend vollständigen Befeuchtung, d.h. zur Erreichung eines möglichst 100% erreichenden Wertes der relativen Feuchte $\mathcal{M}$. Das am Unterteil des Befeuchters austretende und abgekühlte Wasser wird dann wieder zu dem Unter-

teil des Wärmetauschers B geführt, in welchem es im Gegenstrom zu dem Trägermedium, d.h. im vorliegenden Falle Luft, strömen gelassen wird. Der Wasserkreislauf muss natürlich eine Wasserzufuhr besitzen, da in dem Befeuchter laufend Feuchtigkeit an die Zuluft abgegeben wird. Eine solche Wasserzufuhr ist über eine automatisch sich regelnde Einspeisung möglich.

Als Befeuchter wird vorteilhafterweise ein Rieselturm verwendet, es ist jedoch auch möglich, als Befeuchter einen Turm zu verwenden, in welchem das Wasser im Oberteil über Düsen eingedüst wird.

Weiterhin ist es noch möglich, das im Kreislauf geführte Wasser über Reinigungsstufen zu führen, um in dem Befeuchter aus der zugeführten Zuluft störende, feste oder gasförmige Bestandteile zu entfernen, beispielsweise hierin vorliegendes SO_2 oder in der Zuluft vorhandene oder hiervon mitgerissene, feste Teilchen wie Staub, Russ usw. Dieser Wasserkreislauf kann daher als zusätzliche Reinigungsstufe für die zugeführte Zuluft dienen. In einem solchen Fall kann eine Aufbereitung des Wassers in diesem Kreislauf erforderlich werden. Beim Betrieb einer solchen Anlage unter den zuvor genannten Bedingungen, d.h. Verwendung von Zuluft mit $T_u = 10^\circ\text{C}$ und einer relativen Feuchte von $\mathcal{M}_u = 100\%$ ergab sich bei Versuchen, dass die Luft aus dem Befeuchter mit einer Temperatur $T_i = 17^\circ\text{C}$ und einer relativen Feuchte von $\mathcal{M}_i = 100\%$ austritt. Wenn diese Luft mit $T_i = 17^\circ\text{C}$ und $\mathcal{M}_i = 100\%$ in eine Speicherkolonne I, welche mit trockenem, engporigem Kieselgel gefüllt ist, eingeführt wird, ergibt sich am Austritt der Kolonne für das Speichermedium I eine Temperatur $T_f = 60^\circ\text{C}$, d.h. ein um 21 K höherliegendes Temperaturniveau der Nutzwärme. Die Temperatur T_0 der aus dem Wärmetauscher A austretenden Luft wurde auf 30°C gehalten, diese Luft von 30°C wurde dann in dem Wärmetauscher B zum Aufheizen des im Kreislauf geführten Wassers, das am Oberteil des Befeuchters zugeführt wurde, verwendet.

Ein weiterer, durch das erfindungsgemässe Verfahren erzielter Vorteil ist, dass in dem hier beschriebenen Fall das Kieselgel bis zur maximalen Wasseraufnahme beladen werden konnte, während bei einer Verfahrensführung gemäss Fig. 1 eine Endbeladung des Kieselgels mit Wasser von nur etwa 51% möglich war, d.h. die in dem Kieselgel gespeicherte Energiemenge konnte nur zu 51% abgezogen werden.

Das erfindungsgemässe Verfahren ist insbesondere bei Verwendung von Kieselgel, bevorzugt von engporigem oder mittelporigem Kieselgel, als Speichermedium geeignet. Als Zeolith-Speichermedien können bei dem erfindungsgemässen Verfahren sowohl synthetische als auch natürliche Zeolithe und insbesondere die als Molekularsiebe bekannten Zeolithe eingesetzt werden.

Das erfindungsgemässe Verfahren kann als offenes System betrieben werden. In einem solchen Fall ist natürlich nur Luft als Trägermedium möglich.

Es gibt jedoch auch Situationen, bei denen das erfindungsgemässe Verfahren als geschlossenes System betrieben wird, insbesondere wenn die Luft sonst wegen zu grosser Schadbestandteile aufbereitet werden müsste oder wegen ungünstigen Bodenverhältnissen ein Ansaugen von feuchter Luft an kalten Tagen oder im Winter nicht oder nur unzureichend möglich ist. In einem solchen Fall wird die Wärme der mit solchen Schadbestandteilen beladenen Luft oder die Wärme des Bodens in einem weiteren Wärmetauscher C über einen Solekreislauf, siehe Fig. 3, auf das Trägermedium des geschlossenen Systems übertragen und dieses durch Wasserzufuhr von aussen befeuchtet. Dieses Trägermedium muss dann nicht aus Luft bestehen, sondern es kann sich auch um ein Inertgas wie Stickstoff, Edelgase oder CO_2 handeln.

Die erforderliche Wärmemenge zur Verdampfung des

von aussen dem Trägermedium zugeführten Wassers muss aus der Anergie der dem Wärmeaustauscher C zugeführten Luft oder der Anergie, welche aus dem Boden beispielsweise über das Solekreislaufsystem abgezogen wird, zugeführt werden. In diesem Fall kann jedoch ebenfalls normalerweise nur eine Temperatur T_u des zugeführten Trägermediums von 10°C bei einer maximalen relativen Feuchte von μ_u von 100% erreicht werden, so dass sich letztlich die gleichen Temperaturverhältnisse vor und nach dem Wärmetauscher A wie im Fall der Verfahrensweise gemäss Fig. 1 ergeben würden. Durch das erfindungsgemässe Verfahren unter Einschaltung der zusätzlichen Befeuchtungsstufe, wie dies in der Fig. 3 dargestellt ist, lassen sich jedoch praktisch die gleichen

Temperaturverhältnisse wie bei dem offenen System gemäss Fig. 2 erreichen. In dem in der Fig. 3 gezeigten Beispiel wurde die erforderliche Wärmemenge über einen Solekreislauf aus dem Boden zugeführt. In dem 1. Befeuchter wird dann dem Trägermedium Wasserdampf bis zur möglichst vollständigen Sättigung, d.h. $\mu = 100\%$ zugeführt, in dem 2. Befeuchter wird die Temperatur von T_u auf T_i erhöht und gleichzeitig durch die Wasserzufuhr der Sättigungsgrad auf einem Wert von $\mu = 100\%$ oder nur wenig darunter gehalten. Der 1. Befeuchter kann ebenso wie der 2. Befeuchter ein Rieselturm oder eine andere an sich bekannte Einrichtung sein.

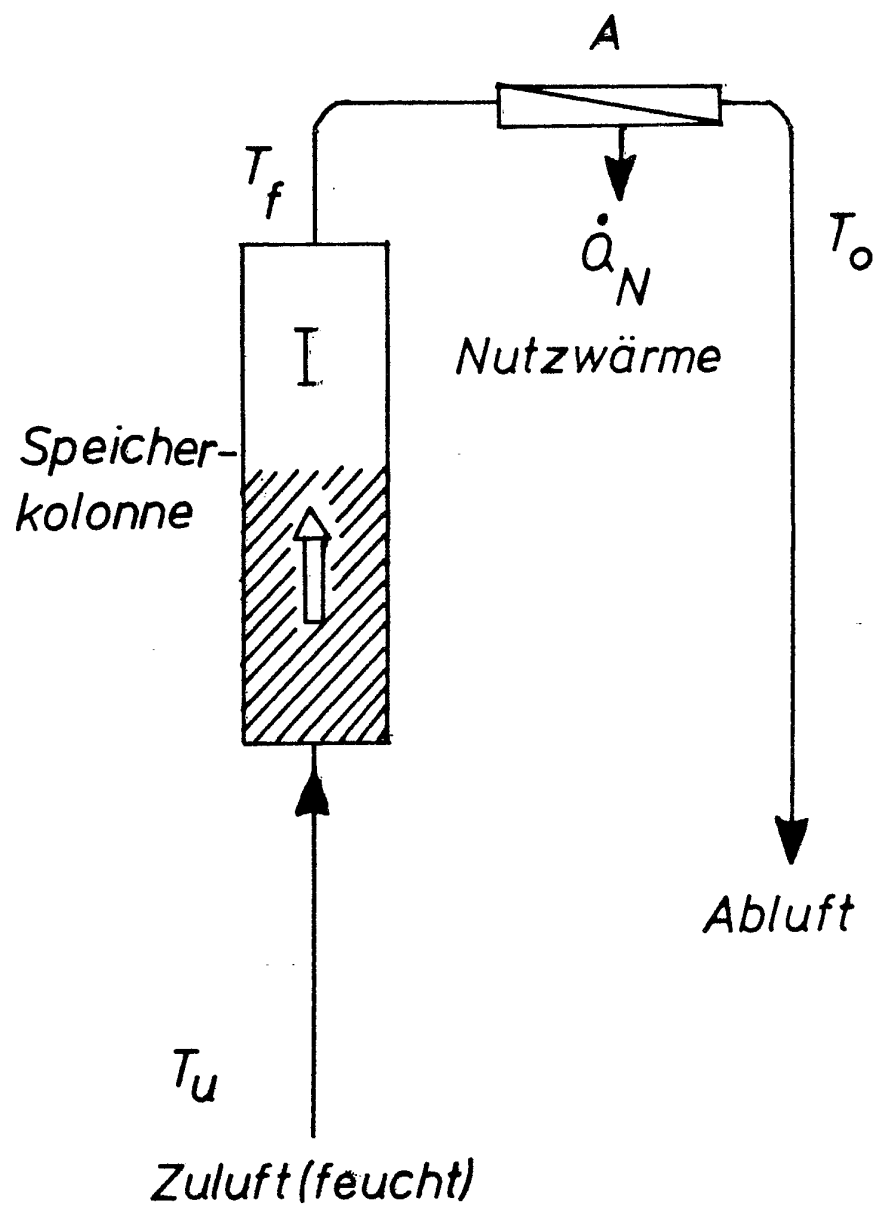


Fig. 1

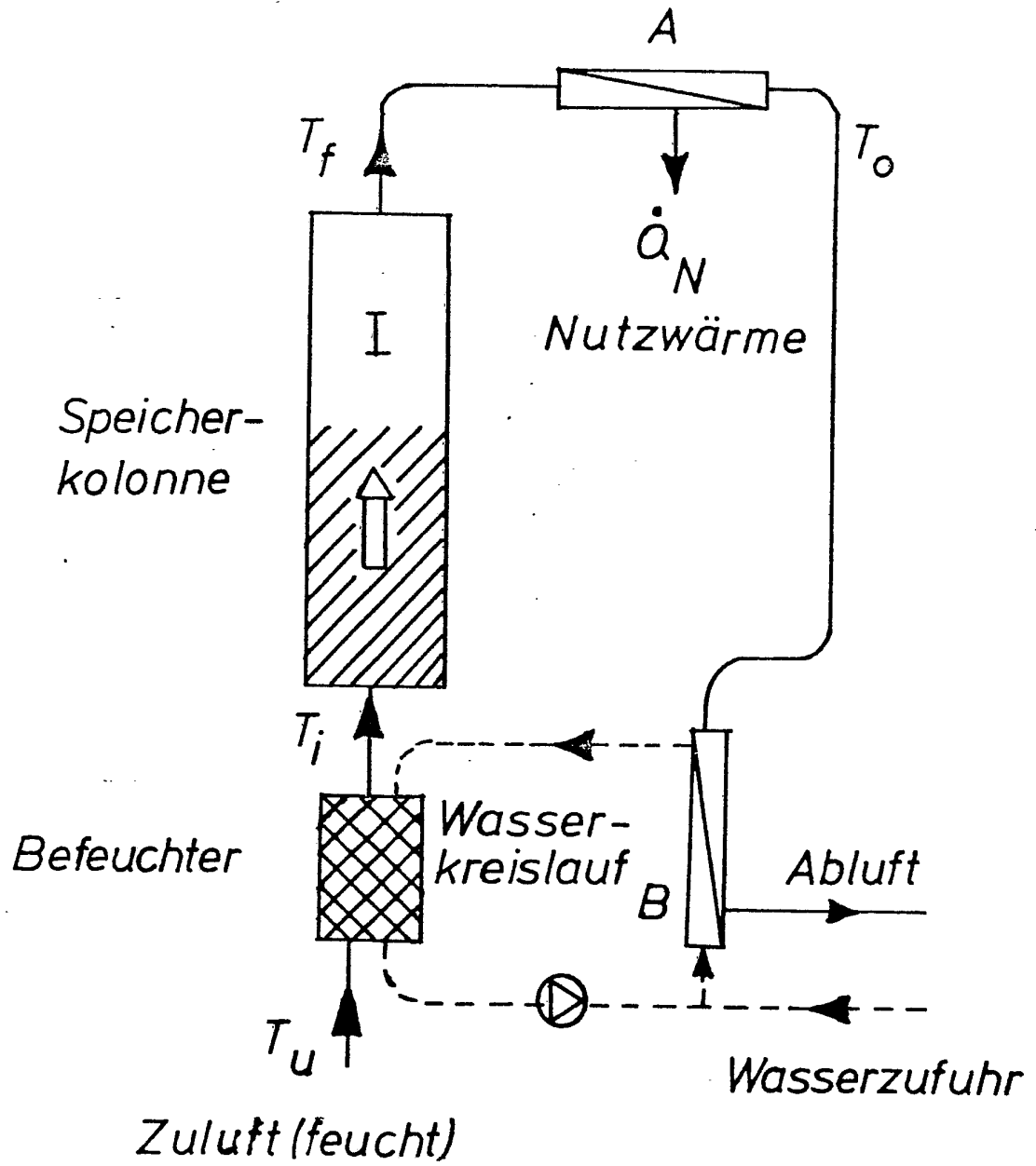


Fig. 2

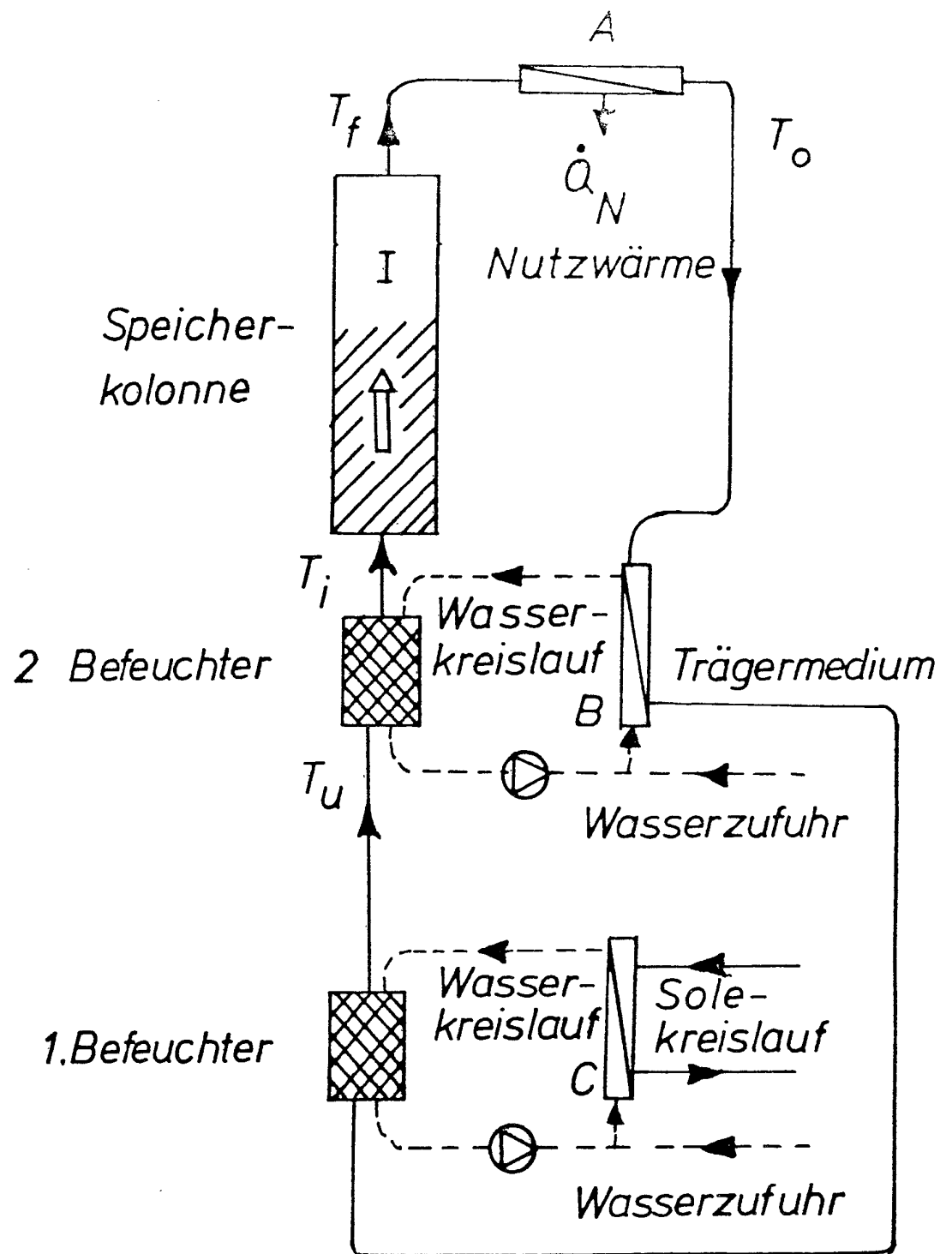


Fig. 3