



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT** A5

(11)

**643 939**

(21) Gesuchsnummer: 3202/80

(22) Anmeldungsdatum: 25.04.1980

(30) Priorität(en): 12.05.1979 DE 2919250

(24) Patent erteilt: 29.06.1984

(45) Patentschrift  
veröffentlicht: 29.06.1984

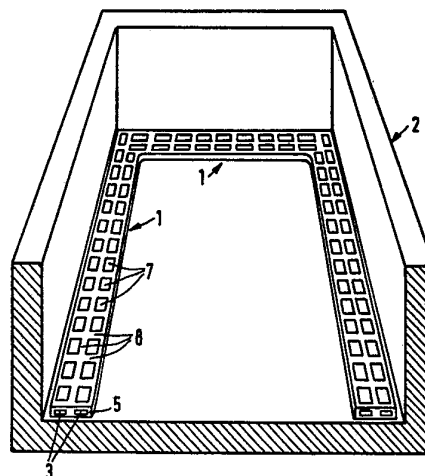
(73) Inhaber:  
Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk  
Aktiengesellschaft, Essen (DE)

(72) Erfinder:  
Dr. Bernd Stoy, Ratingen 6 (DE)  
Karl Biasin, Essen 14 (DE)

(74) Vertreter:  
Hartmut Keller Dr. René Keller, Patentanwälte,  
Bern

**(54) Wärmetauscher für den Entzug von exothermer Kristallisationswärme aus einer Flüssigkeit.**

(57) Der Wärmetauscher (1) ist mit mindestens einer Wärmeträgerleitung (3) zur Führung eines Wärmeträgermediums versehen, wobei mindestens ein Teil der Wandung (5) der Wärmeträgerleitung (3) als Wärmetauscherwandung ausgeführt ist. Bei den bekannten Wärmetauschern (1) ist die Wärmeträgerleitung (3) eine einfache Rohrleitung von kreisförmigem Querschnitt, die, gegebenenfalls in Schlangenlinien, innerhalb eines Flüssigkeitsbehälters (2) verlegt ist. Infolge der Kristallisation können starke mechanische Belastungen des Wärmetauschers (1) und auch des umgebenden Flüssigkeitsbehälters (2) auftreten. Diese sollen vermieden werden. Dazu ist die Wärmetauscherwandung in Kristallisationsbereiche und in die Kristallisationsbereiche (7) voneinander trennende Isolationsbereiche (8) aufgeteilt. Die Wärmetauscherwandung kann, insbesondere in den Kristallisationsbereichen (7), aus einem die Kristallbildung erleichternden Material bestehen oder mit einem solchen beschichtet sein.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Wärmetauscher für den Entzug von exothermer Kristallisationswärme aus einer Flüssigkeit, mit mindestens einer Wärmeträgerleitung zur Führung eines Wärmeträgermediums, wobei mindestens ein Teil der Wandung der Wärmeträgerleitung als Wärmeaustauschwandung ausgeführt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeaustauschwandung (6) in Kristallisationsbereiche (7) und in die Kristallisationsbereiche (7) voneinander trennende Isolationsbereiche (8) aufgeteilt ist.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeaustauschwandung (6) zumindest in den Kristallisationsbereichen (7) aus einem die Kristallbildung erleichternden Material besteht oder mit einem solchen Material beschichtet ist.

3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeaustauschwandung (6) zumindest in den Isolationsbereichen (8) aus einem die Kristallbildung erschwerenden Material besteht oder mit einem solchen Material beschichtet ist.

4. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Wärmeaustauschwandung (6) in den Kristallisationsbereichen (7) geringer ist als in den Isolationsbereichen (8).

5. Wärmetauscher nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kristallisationsbereiche (7) durch Ausnehmungen (9) in der Wärmeaustauschwandung (6) realisiert sind.

6. Wärmetauscher nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmungen (9) in der Wärmeaustauschwandung (6) sich nach aussen erweiternd ausgebildet sind.

7. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kristallisationsbereiche (7) rechteckig ausgebildet sind.

8. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kristallisationsbereiche (7) kreisrund ausgebildet sind.

9. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass an den Kristallisationsbereichen (7) randseitig Ergänzungsrippen (12) vorgesehen sind.

10. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeträgerleitung (3) einen im wesentlichen trapezförmigen Querschnitt aufweist.

Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher für den Entzug von exothermer Kristallisationswärme aus einer Flüssigkeit, mit mindestens einer Wärmeträgerleitung zur Führung eines Wärmeträgermediums, wobei mindestens ein Teil der Wandung der Wärmeträgerleitung als Wärmeaustauschwandung ausgeführt ist.

Bei der Auskristallisation von Kristallen aus einer Flüssigkeit bzw. bei der Verfestigung einer Flüssigkeit wird bekanntlich Wärme frei. Die freiwerdende Wärme wird dabei allgemein als Kristallisationswärme bezeichnet; sie ist betragsmässig gleich der entsprechenden Schmelzwärme. In einer Flüssigkeit, in der noch keine Kristalle gebildet sind, ist die Kristallisationswärme latent vorhanden, sie wird daher vielfach auch als Latentwärme bezeichnet.

Die Kristallisationswärme lässt sich einer Flüssigkeit mit Hilfe eines Wärmetauschers entziehen und, ggf. nach Übertragung auf ein höheres Temperaturniveau mit Hilfe einer Wärmepumpe, für Heizzwecke od. dgl. nutzbar machen. Ein solcher Wärmetauscher bzw. die Wärmeaustauschwandung eines solchen Wärmetauschers stellt eine Wärmesenke dar, an der die Kristallisation beginnt. Die Oberfläche der Wärmeaustauschwandung bietet dabei im allgemeinen genug Keime,

an denen Kristalle anwachsen können. Als Flüssigkeit ist Wasser, das bei Abkühlung unter Abgabe seiner Kristallisationswärme zu Eis kristallisiert, beispielhaft zu nennen und in der Praxis von besonderer Bedeutung.

Bei dem bekannten Wärmetauscher, von dem die Erfindung ausgeht, ist die Wärmeträgerleitung eine einfache Rohrleitung von kreisringförmigem Querschnitt, die, ggf. in Schlangenlinien, innerhalb eines Flüssigkeitsbehälters verlegt ist. Als Wärmeträgermedium wird in der Wärmeträgerleitung 10 Salzwasser (Sole) geführt, ggf. auch ein Alkohol/Wasser-Gemisch. Bei dem bekannten Wärmetauscher wirkt die gesamte Wandung der Wärmeträgerleitung als Wärmeaustauschwandung, auf der sich, bei Wasser als Flüssigkeit, zunächst unregelmässig an verschiedenen Stellen Eis bildet, das allmählich 15 zu einer geschlossenen Eisschicht zusammenwächst. Diese dick anwachsende Eisschicht führt zu erheblichen mechanischen Belastungen der Wärmeträgerleitung, die daher entsprechend stark dimensioniert werden muss. Der Auftrieb der auf der Wärmeaustauschwandung der Wärmeträgerleitung 20 anwachsenden Eisschicht macht es im übrigen notwendig, dass die Wärmeträgerleitung fest im Boden oder an der Wandung des entsprechenden Flüssigkeitsbehälters verankert wird.

Um zu grosse Dicken der anwachsenden Eisschicht zu 25 verhindern, könnte theoretisch von Zeit zu Zeit die Temperatur des durch die Wärmeträgerleitung geführten Wärmeträgermediums über die Schmelztemperatur von Eis erhöht werden, so dass sich die Eisschicht von der Wärmeaustauschwandung der Wärmeträgerleitung lösen und zur Oberfläche der Flüssigkeit hin aufschwimmen würde. In der Praxis wird jedoch nicht so gearbeitet. Einerseits ist die für das Lösen der Eisschicht von der Wärmeaustauschwandung der Wärmeträgerleitung erforderliche Energie so gross, dass es nicht wirtschaftlich ist, so zu verfahren. Andererseits würden die gross- 35 flächigen, unregelmässig geformten Eisplatten schnell eine durchgehende Eisdecke bilden.

Ausgehend von dem zuvor erläuterten Stand der Technik liegt der Erfindung nun die Aufgabe zugrunde, einen Wärmetauscher für den Entzug von exothermer Kristallisations- 40 wärme aus einer Flüssigkeit anzugeben, bei dem die Kristallisation so erfolgt, dass starke mechanische Belastungen des Wärmetauschers selbst und des jeweiligen Flüssigkeitsbehälters sicher verhindert werden.

Der erfindungsgemässe Wärmetauscher, bei dem die zuvor aufgezeigte Aufgabe gelöst ist, ist zunächst dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeaustauschwandung in Kristallisationsbereiche und in die Kristallisationsbereiche voneinander trennende Isolationsbereiche aufgeteilt ist. Die Kristallisationsbereiche sind dabei Bereiche geringen Wärmewiderstandes zwischen Flüssigkeit und Wärmeträgermedium, die 50 Isolationsbereiche sind Bereiche hohen Wärmewiderstandes zwischen Flüssigkeit und Wärmeträgermedium. Ein geringer Wärmewiderstand zwischen Flüssigkeit und Wärmeträgermedium kann dabei dadurch erreicht werden, dass zwischen 55 der Flüssigkeit und der äusseren Oberfläche der Wärmeaustauschwandung ein geringer Wärmeübergangswiderstand vorliegt und/oder dass die Wärmeaustauschwandung einen geringen Wärmeleitwiderstand aufweist und/oder dass zwischen der inneren Oberfläche der Wärmeaustauschwandung und dem Wärmeträgermedium ein geringer Wärmeübergangswiderstand vorliegt. Entsprechende Möglichkeiten gibt es für einen hohen Wärmewiderstand.

Erfindungsgemäss ist zunächst erkannt worden, dass es eine Vielzahl von Vorteilen bringt, wenn die Kristallbildung 65 an der Wärmeaustauschwandung der Wärmeträgerleitung an bevorzugten Stellen, nämlich in den Kristallisationsbereichen, erfolgt. Weiter ist erkannt worden, dass es vorteilhaft ist, wenn die einzelnen Kristallisationsbereiche voneinander

durch Isolationsbereiche getrennt sind, in denen praktisch keine Kristallisation erfolgen kann. Am Beispiel des Systems Wasser/Eis erläutert, wird dadurch nämlich einerseits systematisch verhindert, dass die Wärmeträgerleitung des Wärmeaustauschers mit einer durchgehenden Eisschicht bedeckt wird, so dass übermässige mechanische Belastungen des Wärmeaustauschers vermieden werden, andererseits schwimmen jeweils nur eine Vielzahl von einzelnen, relativ kleinen Eisplättchen zur Oberfläche des Wassers auf, die sich leicht über- oder untereinander schieben können, so dass auch übermässige mechanische Belastungen der Seitenwände des Flüssigkeitsbehälters systematisch verhindert werden.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, den erfindungsgemässen Wärmetauscher auszugestalten und weiterzubilden, was im folgenden nur beispielhaft erläutert werden soll.

Wie eingangs dargelegt worden ist, ist es für die Kristallbildung in einer Flüssigkeit bzw. für die hier durchgehend als Beispiel erläuterten Eisbildung in Wasser nicht nur notwendig, dass eine Wärmesenke vorhanden ist, sondern es müssen an dieser Wärmesenke auch genügend Keime vorhanden sein, an denen Kristalle anwachsen können. Es ist daher zweckmässig, wenn bei dem erfindungsgemässen Wärmetauscher die Wärmeaustauschwandung zumindest in den Kristallisationsbereichen aus einem die Kristallbildung erleichternden Material besteht oder mit einem solchen Material beschichtet ist. Andererseits kann man die Kristallbildung in den Isolationsbereichen nicht nur über den hohen Wärmewiderstand in diesen Bereichen verhindern bzw. erschweren, sondern auch dadurch, dass die Wärmeaustauschwandung zumindest in den Isolationsbereichen aus einem die Kristallbildung erschwerenden Material besteht oder mit einem solchen Material beschichtet ist. In der Praxis wird es im allgemeinen so sein, dass die Wärmeaustauschwandung durchgehend aus einem Material besteht, das entweder die Kristallbildung erleichtert oder die Kristallbildung erschwert, und dass die Wärmeaustauschwandung in den entsprechenden Bereichen mit dem Material jeweils entsprechend entgegenstehender Charakteristik beschichtet ist. Nur der Vollständigkeit halber ist hier noch darauf hinzuweisen, dass die Materialauswahl für die Wärmeaustauschwandung bzw. die Beschichtung der Wärmeaustauschwandung auch entscheidend dafür ist, wie hoch der Wärmeübergangswiderstand zwischen der Wärmeaustauschwandung und der Flüssigkeit bzw. dem Wärmeträgermedium ist.

Der unterschiedliche Wärmeleitwiderstand der Wärmeaustauschwandung in den Kristallisationsbereichen einerseits und den Isolationsbereichen andererseits lässt sich auf einfache Weise dadurch verwirklichen, dass die Dicke der Wärmeaustauschwandung in den Kristallisationsbereichen geringer ist als in den Isolationsbereichen. Die Kristallisationsbereiche können dabei besonders einfach durch Ausnehmungen in der Wärmeaustauschwandung realisiert sein. Diese Ausnehmungen können sowohl auf der äusseren Oberfläche als auch auf der inneren Oberfläche der Wärmeaustauschwandung angeordnet sein. Im letztgenannten Fall muss man allerdings berücksichtigen, dass durch die auf der inneren Oberfläche der Wärmeaustauschwandung angeordneten Ausnehmungen die Strömungsverhältnisse innerhalb der Wärmeträgerleitung beeinflusst werden.

Sind die Kristallisationsbereiche durch auf der äusseren Oberfläche der Wärmeaustauschwandung angeordnete Ausnehmungen realisiert, so ist es vorteilhaft, wenn die Ausnehmungen sich nach aussen erweiternd ausgebildet sind. Diese Ausbildung der Ausnehmungen hat den Vorteil, dass sich die in den Ausnehmungen gebildeten Eisplättchen bzw. Eisblöcke ohne weiteres aus den Ausnehmungen lösen können.

Die geometrische Form der Kristallisationsbereiche ist natürlich grundsätzlich beliebig. Strebt man eine optimale

Flächenausnutzung der Wärmeaustauschwandung und eine gleichmässige Breite der Isolationsbereiche an, so ist es vorteilhaft, die Kristallisationsbereiche rechteckig auszubilden.

Strebt man eine besonders leichte Ablösbarkeit der entstehenden Eisplättchen von der Wärmeaustauschwandung an und will man die Bildung einer durchgehenden Eisdecke auf der Oberfläche des Wassers unter allen Umständen sicher verhindern, so ist es eher vorteilhaft, die Kristallisationsbereiche kreisrund auszubilden.

Eine Erweiterung der Kristallisationsbereiche lässt sich, wenn es gewünscht ist, besonders elegant dadurch erzielen, dass randseitig an den Kristallisationsbereichen Ergänzungsrippen vorgesehen sind. Insbesondere dann, wenn die Kristallisationsbereiche durch auf der äusseren Oberfläche der Wärmeaustauschwandung angeordnete Ausnehmungen gebildet sind, sind derartige Ergänzungsrippen vorteilhaft anwendbar.

Vermeidet man es, die Unterseiten der Wandung der Wärmeträgerleitung als Wärmeaustauschwandung auszuführen, so kann bei einer entsprechend geschickt gewählten Querschnittsform der Wärmeträgerleitung der auf die Wärmeträgerleitung wirksame Auftrieb praktisch vernachlässigbar gering gehalten werden. Die Wärmeträgerleitung kann in einem solchen Fall am Boden eines Flüssigkeitsbehälters sogar ohne jede Verankerung verlegt werden, bei Verlegung an den Wänden eines Flüssigkeitsbehälters kann die Dimensionierung der Verankerung sich nach dem Gewicht der Wärmeträgerleitung selbst bestimmen. Als ein besonders vorteilhafter Querschnitt für eine auf dem Boden eines Flüssigkeitsbehälters zu verlegende Wärmeträgerleitung hat sich ein trapezförmiger Querschnitt herausgestellt. Bei einem trapezförmigen Querschnitt der Wärmeträgerleitung kann nämlich die Wandung ohne weiteres an drei Seiten als Wärmeaustauschwandung ausgebildet sein. Gleichwohl behalten alle sich in den Kristallisationsbereichen bildenden Eisplättchen eine freie vertikale Auftriebskomponente, können also unbehindert zur Oberfläche des Wassers aufschwimmen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer lediglich Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 in schematischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Wärmetauschers, eingesetzt in einem Flüssigkeitsbehälter,

Fig. 2 ausschnittsweise und in vergrösserter Darstellung ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Wärmetauschers.

Fig. 2a einen Schnitt durch den Gegenstand gemäss Fig. 2 entlang der Linie A-A,

Fig. 2b einen Schnitt durch den Gegenstand gemäss Fig. 2 entlang der Linie B-B,

Fig. 2c einen Schnitt durch den Gegenstand gemäss Fig. 2 entlang der Linie C-C,

Fig. 3 ausschnittsweise und in vergrösserter Darstellung ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Wärmetauschers,

Fig. 3a einen Schnitt durch den Gegenstand gemäss Fig. 3 entlang der Linie A-A,

Fig. 4 schematisch und im Querschnitt ein viertes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Wärmetauschers,

Fig. 5 schematisch und im Querschnitt ein fünftes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Wärmetauschers und Fig. 6 schematisch und im Querschnitt ein sechstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Wärmetauschers.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Wärmetauscher 1, der in einem Flüssigkeitsbehälter 2 eingesetzt ist. Der Wärmetauscher 1 ist ausschliesslich am Boden des Flüssigkeitsbehälters 2 angeordnet, er könnte aber ebenso gut auch an den Wänden des Flüssigkeitsbehälters 2 angeordnet sein. Der Wärmetauscher

1 dient dem Entzug von exothermer Kristallisationswärme aus einer nicht dargestellten Flüssigkeit. Im einzelnen weist der Wärmetauscher 1 zwei Wärmeträgerleitungen 3 auf, in denen ein Wärmeträgermedium 4 geführt wird. Ein Teil, und zwar der vertikal nach oben gerichtete Teil der Wandung 5 einer jeden Wärmeträgerleitung 3 ist als Wärmeaustauschwandung 6 ausgeführt.

Wie sich aus der schematischen Darstellung in Fig. 1 schon recht deutlich ergibt, ist die Wärmeaustauschwandung 6 in Kristallisationsbereiche 7 und in die Kristallisationsbereiche 7 voneinander trennende Isolationsbereiche 8 aufgeteilt. Die Kristallisationsbereiche 7 sind Bereiche geringen Widerstandes zwischen der Flüssigkeit in dem Flüssigkeitsbehälter 2 und dem Wärmeträgermedium 4 in der jeweiligen Wärmeträgerleitung 3, während die Isolationsbereiche 8 Bereiche eines entsprechend hohen Widerstandes sind.

Bei dem in den Fig. 2 bis 2c gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel eines Wärmetauschers 1 besteht die Wärmeaustauschwandung 6 jeder Wärmeträgerleitung 3 aus einem die Kristallbildung erleichternden Material; sie ist in den Isolationsbereichen 8 zusätzlich mit einem eine Kristallbildung erschwerenden Material beschichtet. Wie sich aus den Fig. 2a, 2b und 2c in einer Zusammenschau deutlich ergibt, ist die Dicke der Wärmeaustauschwandung 6 in den Kristallisationsbereichen 7 geringer als in den Isolationsbereichen 8. Der Wärmeleitwiderstand der Wärmeaustauschwandung 6 ist aufgrund der geringeren Dicke in den Kristallisationsbereichen 7 wesentlich geringer als in den Isolationsbereichen 8. Die Kristallisationsbereiche 7 sind im einzelnen durch Ausnehmungen 9 realisiert, die auf der inneren, d.h. dem Wärmeträgermedium 4 zuweisenden Oberfläche der Wärmeaustauschwandung 6 angeordnet sind. Die die Kristallisationsbereiche 7 bildenden Ausnehmungen 9 sind dabei rechteckig ausgebildet.

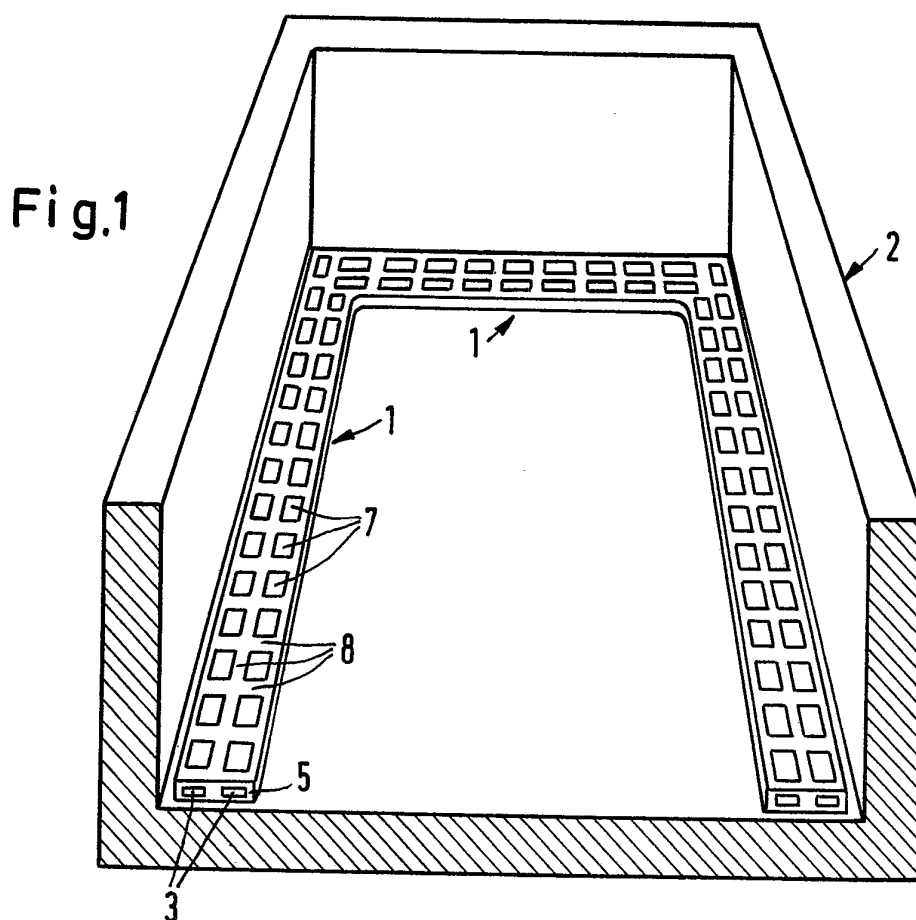
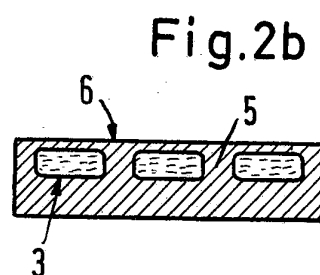
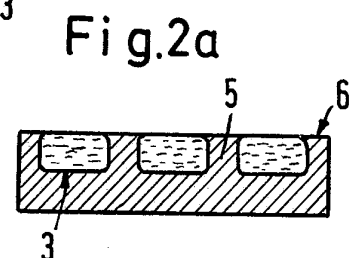
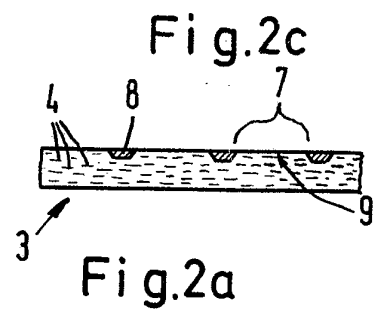
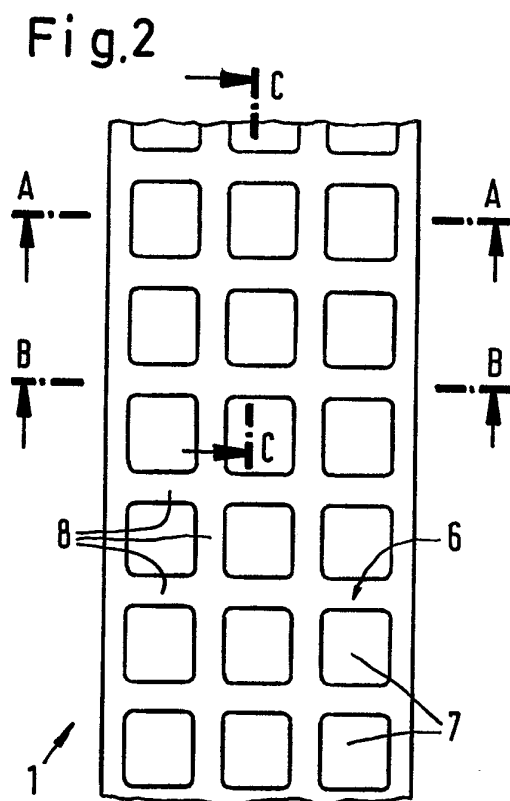
Das in den Fig. 3 und 3a dargestellte Ausführungsbeispiel eines Wärmetauschers 1 unterscheidet sich von dem in den Fig. 2 und 2c gezeigten Ausführungsbeispiel eines Wärmetauschers 1 einerseits dadurch, dass die Kristallisationsbereiche 7 kreisrund ausgebildet sind, andererseits dadurch, dass die Kristallisationsbereiche 7 durch Ausnehmungen 9 realisiert sind, die an der äusseren Oberfläche der Wärmeaustauschwandung 6 einer jeden Wärmeträgerleitung 3 angeordnet sind. Wie sich aus Fig. 3a dabei besonders deutlich ergibt, sind die Ausnehmungen 9 in der Wärmeaustauschwandung 6 sich nach aussen erweiternd, nämlich konisch ausgebildet.

Das in Fig. 4 dargestellte Ausführungsbeispiel eines Wärmetauschers 1 ist für einen senkrechten, freistehenden Einbau in einem Flüssigkeitsbehälter 2 bestimmt. Die drei Wärmeträgerleitungen 3 dieses Wärmetauschers 1 sind vertikal übereinander angeordnet. Beide Seitenwandungen jeder der Wärme-

trägerleitungen 3 sind als Wärmeaustauschwandungen 6 mit Kristallisationsbereichen 7 ausgeführt. Die Kristallisationsbereiche 7 sind auch hier durch Ausnehmungen 9 realisiert, die auf der äusseren Oberfläche der jeweiligen Wärmeaustauschwandung 6 angeordnet und sich nach aussen erweiternd ausgebildet sind. Die Ausbildung der Ausnehmungen 9 gewährleistet, dass die sich an den vertikal angeordneten Kristallisationsbereichen 7 bildenden Eisplättchen ohne weiteres bei Ablösung von den Kristallisationsbereichen 7 zur Oberfläche der Flüssigkeit (hier: Wasser) hin aufschwimmen können.

Bei dem in Fig. 5 dargestellten Ausführungsbeispiel eines Wärmetauschers 1 weist die Wärmeträgerleitung 3 einen im wesentlichen trapezförmigen Querschnitt auf. Dieser Wärmetauscher 1 ist zum Einbau am Boden von Flüssigkeitsbehältern 2 bestimmt und hat aufgrund der speziellen Querschnittsform der Wärmeträgerleitung 3 den Vorteil, dass der grösste Teil der Wandung der Wärmeträgerleitung 3, nämlich die beiden seitlichen Teile und der obere Teil, als Wärmeaustauschwandung 6 ausgeführt sein kann. Bei gleicher Grundfläche des Wärmetauschers 1 lässt sich die Fläche der Kristallisationsbereiche 7 gegenüber den Ausführungsbeispielen nach den Fig. 2 bis 2c und 3, 3a um bis zu über 100% erhöhen, ohne dass die Ablöse- und Aufschwimmbedingungen für die sich in den Kristallisationsbereichen 7 bildenden Eisplättchen wesentlich verschlechtert würden.

In Fig. 6 schliesslich ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Wärmetauschers 1 ausschnittsweise so dargestellt, dass nur die Wärmeträgerleitung 3 im Bereich eines Kristallisationsbereiches 7 gezeigt ist. Die Wandung 5 der Wärmeträgerleitung 3 besteht hier wie ersichtlich aus einer durchgehenden Innenwandung 10 aus einem die Kristallbildung erleichternden Material geringen Wärmeleitwiderstandes und einer Beschichtung 11 aus einem die Kristallbildung erschwerenden Material hohen Wärmeleitwiderstandes, die allerdings in dem Teil der Wandung 5 die als Wärmeaustauschwandung 6 ausgeführt ist, nur in den Isolationsbereichen 8 vorgesehen ist. Um das Anwachsen eines grösseren Eisplättchens zu ermöglichen, ist an dem kreisrund ausgebildeten Kristallisationsbereich 7 eine kreisringförmige Ergänzungsrippe 12 vorgesehen, durch die der Kristallisationsbereich 7 praktisch noch in die benachbarten Isolationsbereiche 8 hinein erweitert ist. Nur angedeutet ist die Form des sich bildenden Eisplättchens 13. Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass ein solches Eisplättchen 13 sehr leicht zur Oberfläche des Wassers aufschwimmen und sich aufgrund seiner Formgebung leicht unter oder über benachbarte Eisplättchen 13 schieben kann, so dass die Ausbildung einer durchgehenden, festen Eisddecke praktisch nicht möglich ist.



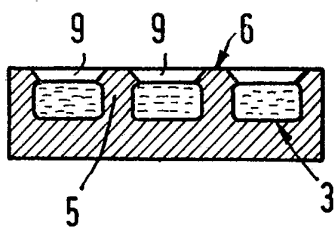


Fig.3a

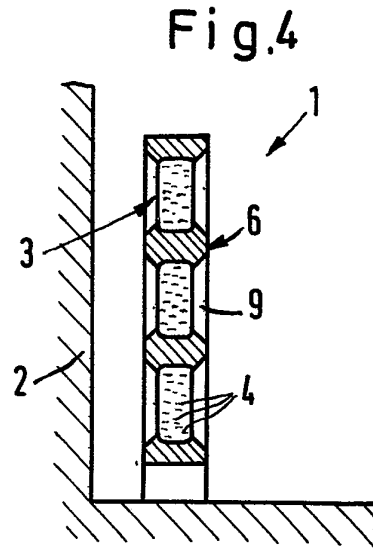


Fig.4

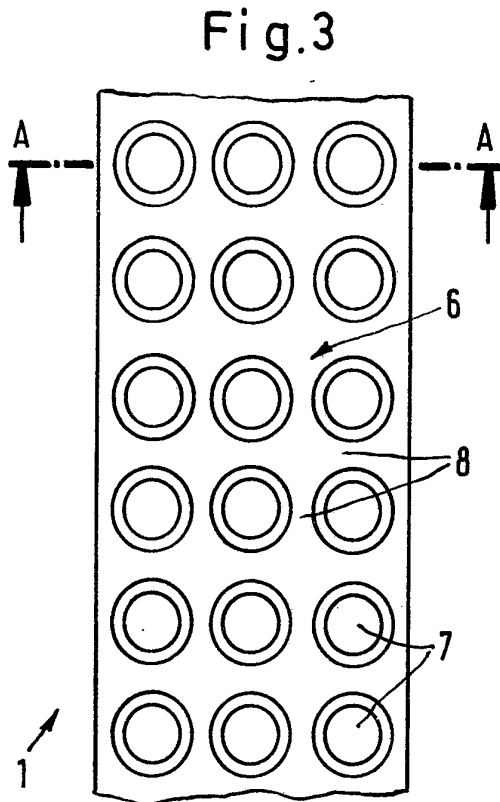


Fig.3

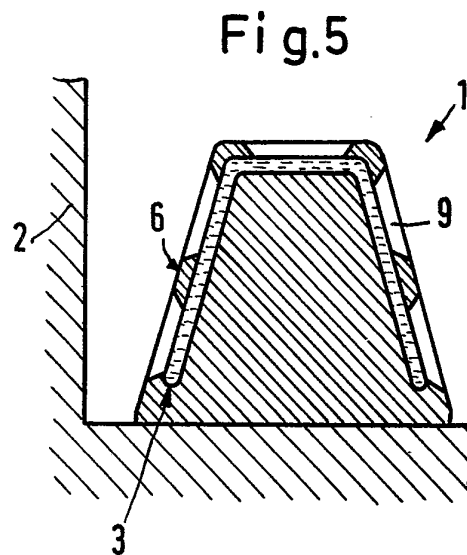


Fig.5

Fig.6

