



(11) **EP 2 199 713 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag: **23.06.2010 Patentblatt 2010/25**

(51) Int Cl.: **F25D 19/00<sup>(2006.01)</sup> F25D 31/00<sup>(2006.01)</sup>**  
**B04B 15/02<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **09015245.5**

(22) Anmeldetag: **09.12.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**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 SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA RS**

(30) Priorität: **22.12.2008 DE 102008064178**

(71) Anmelder: **EPPENDORF AG**  
**22339 Hamburg (DE)**

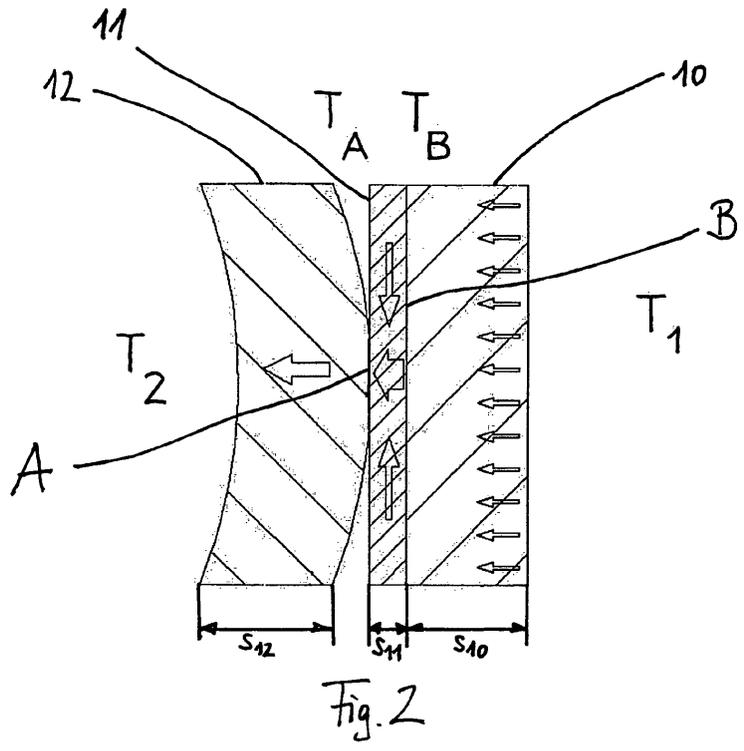
(72) Erfinder:  
• **Grimm, Bert-Olaf**  
**04277 Leipzig (DE)**  
• **Zehnel, Peter**  
**04178 Leipzig (DE)**  
• **Marschner, Kai**  
**06116 Halle (DE)**

(74) Vertreter: **Bockhorni & Kollegen**  
**Zimmerstrasse 3**  
**04109 Leipzig (DE)**

(54) **Behälter und Vorrichtung für mittelbare Gutkühlungen sowie Verfahren zur Herstellung des Behälters**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft Behälter und Vorrichtung für mittelbare Gutkühlungen und ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Behälters. Mit der vorliegenden Erfindung wird eine wesentlich effizientere mittelbare Wärmeübertragung vom Behälteräußeren in das Behälterinnere erlaubt. Die Verbesserung der Wärmeleitung und des Wärmeübergangs von

Zentrifugenkesseln (1) ergibt bei gekühlten Zentrifugen eine Verminderung der notwendigen Leistung der Kälteanlage. Durch die höhere Leistungsfähigkeit der Zentrifuge kann für gleiche Zentrifugierguttemperaturen eine höhere Drehzahl gefahren und/oder bei gleicher Zentrifugierguttemperatur und gleicher Drehzahl die aufgenommene Leistung des Kühlaggregats reduziert werden.



**EP 2 199 713 A2**

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Behälter nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff von Anspruch 5 und ein Verfahren zur Herstellung des Behälters nach dem Oberbegriff von Anspruch 7.

**[0002]** Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf Laborzentrifugen, d.h. Zentrifugen, die beispielsweise in chemischen, biologischen, biochemischen oder biotechnologischen Laboren Verwendung finden. Andererseits kann die vorliegende Erfindung vorteilhaft auch bei großtechnischen Zentrifugen und mechanischen Rührvorrichtungen eingesetzt werden und allen Vorrichtungen, bei denen ein Gut zumindest mittelbar gekühlt werden soll. Damit ist die Erfindung aber auch bei reinen Kühlvorrichtungen, wie Kühl- und Gefrierschränken und insbesondere Laborkühl- und Laborgefrierschränken, bei denen eine sehr tiefe Auskühlung erreicht werden soll, einsetzbar. In solchen Reinen Kühlvorrichtungen bildet der Behälter die Umhausung des Innenraums der Vorrichtung in den das Gut eingebracht wird.

**[0003]** Die Erfindung betrifft insbesondere keine Kochgeschirre, Bratpfannen oder dergleichen Behälter, die der Erwärmung eines in dem Behälter anordenbaren Gutes dienen.

**Hintergrund der Erfindung**

**[0004]** Bei der Zentrifugation entsteht während der Drehung des Zentrifugenrotors im Zentrifugenkessel Wärme durch Luftreibung und elektrische Verlustleistung. Da der Zentrifugenkessel zum Verhindern eines Austritts von Zentrifugiergut mit einem Deckel verschlossen ist, kann dieser Wärmeeintrag nicht ohne weiteres abgeführt werden und führt zur Erhöhung der Temperatur des Zentrifugiergutes.

**[0005]** Diese Temperaturerhöhung ist jedoch zumeist unerwünscht. Daher wurden schon in der Vergangenheit Vorkehrungen zur Vermeidung einer Erhöhung der Zentrifugierguttemperatur getroffen. Dies kann zum einen durch direkt Kühlung erfolgen oder durch indirekte Kühlung mittels Wärmetauscherprinzip. Bei der indirekten Kühlung (mittelbare Kühlung) besteht also kein direkter Kontakt zwischen Kühlmedium und zu kühlendem Gut bzw. Umhüllung des zu kühlenden Gutes.

**[0006]** Bei der direkten Kühlung wird die Umgebungsluft unmittelbar am Zentrifugenrotor durch den Zentrifugenkessel geleitet, wobei der Rotor als eine Art Radiallüfter wirkt. Dazu weist der Zentrifugendeckel und/oder Zentrifugekessel achsennah eine Einlassöffnung und eine in Bezug auf die Rotationsachse entfernter angeordnete Auslassöffnung auf. Eine solche direkte Kühlung hat sich zwar bewährt, jedoch muss der Zentrifugenkessel dazu eine Auslassöffnung aufweisen, die allerdings auch einen Materialaustritt gestattet. Solche Kessel sind damit auch nicht für Rührvorrichtungen oder dergleichen verwendbar, in denen Materialien direkt vermengt werden sollen und die damit ringsum geschlossen ausgebildet sein müssen. Ein Nachteil der direkten Kühlung ergibt sich aus der Verwendung der Umgebungsluft als Kühlmittel: das Gut kann maximal nur auf die Temperatur der Umgebungsluft abgekühlt werden.

**[0007]** Bei der mittelbaren Kühlung ist der Rotor im Zentrifugenkessel unter dem Zentrifugendeckel eingeschlossen und es ist kein Kühlkanal oder dergleichen vorgesehen. Die Luft zirkuliert daher nur innerhalb des Zentrifugenkessels. Eine Kühlung wird nun durch ein zweites Medium erreicht, das an der Außenseite des Kessels vorbeigeführt wird. Dabei kann es sich entweder um Umgebungsluft handeln, die am Kesseläußeren vorbeigeleitet wird, wie es z.B. bei der Zentrifuge 5424 der Eppendorf AG verwirklicht ist. Alternativ wird ein spezielles Kühlmittel über Rohrleitungen, die spiralförmig an dem Kessel, d.h. den Seitenwänden und der Bodenplatte des Kessels, anliegen, an dem Kessel vorbeigeführt, um Wärme abzutransportieren. Bei letzterer Variante der mittelbaren Kühlung ist auch eine Abkühlung des Guts auf eine Temperatur unter die Temperatur der Umgebungsluft möglich. Ein Vorteil der mittelbaren Kühlung ist die bessere Regelbarkeit der einzustellenden Temperatur im Vergleich zur direkten Kühlung.

**[0008]** Der mit der mittelbaren Kühlung erzielte Kühleffekt ist jedoch bisher noch nicht so effizient, wie bei der direkten Kühlung, weshalb der Energieaufwand bei gleicher Kühlleistung entsprechend hoch ist. Dies ist eine Folge des flächenmäßig begrenzten Kontakts des Kühlmediums, das an der Außenseite des Kessels vorbeigeführt wird.

**[0009]** Bereits aus dem Stand der Technik sind Bemühungen bekannt, die mittelbare Kühlung zu verbessern. So beschreibt die US 5,477,704 A einen Zentrifugenkessel, an dessen äußeren Seitenwänden und der Bodenplatte Kühlschlangen aus Kupfer mittels eines Aluminium-gefüllten Epoxidharzes geklebt sind. Das Aluminium-gefüllte Epoxidharz weist eine hohe Wärmeleitfähigkeit auf und dient der Unterstützung der Wärmeableitung aus dem Zentrifugenkessel. Die in der US 5,477,704 A offenbarten Kühlschlangen, die an den Kessel geklebt werden, zeichnen sich durch ihre besondere Ausgestaltung aus: die an der Kesselseitenwand bzw. an der Bodenplatte anliegende Seite der Kühlschlange ist abgeflacht, um so die Kontaktfläche zwischen Kühlschlange und Kessel zu vergrößern. Ein Epoxidharz ist allerdings schwierig auf Kupferrohre aufzubringen und es bedarf einer gewissen Aushärtezeit, bevor ein solcher Kessel nutzbar bzw. weiter verarbeitet werden kann. Dazu kommt, dass der Kessel und der Verbund Epoxidharz/Kupfer unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen. Das führt dazu, dass bei einer Temperaturveränderung Knackgeräusche auftreten können, die beim Benutzer ein Unsicherheitsgefühl hinsichtlich der Betriebssicherheit der Zentrifuge hinterlassen können.

**[0010]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, einen Behälter bereit zu stellen, der eine effiziente

mittelbare Kühlung erlaubt und einfach und möglichst kostengünstig herzustellen ist. Außerdem soll auch eine mit dem Behälter zusammenwirkende Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung des Behälters bereit gestellt werden. Dabei soll der Behälter nicht nur Anwendung in Zentrifugen, sondern auch Rührvorrichtungen, Kühlvorrichtungen und dergleichen finden können.

5 **[0011]** Behälter im Sinne der vorliegenden Erfindung sind alle Einrichtungen, in denen ein zu kühlendes Gut direkt oder über eine gesonderte Umhüllung indirekt angeordnet werden kann und der mittels mittelbarer Kühlung über eine im Wärme leitenden Kontakt stehende Kühleinrichtung gekühlt werden kann. Der erfindungsgemäße Behälter kann bezüglich der äußeren Form verschiedenartig ausgestaltet sein. Er kann rund bzw. kesselförmig sein. In einem solchen Falle weist der Behälter eine runde Bodenplatte auf, von der sich am äußeren Rand eine Seitenwand hochzieht. Die 10 Oberseite des Behälters ist verschließbar durch einen öffnbaren Deckel. In einer alternativen Ausgestaltung ist der Behälter eckig, d.h. rechteckig bzw. quadratisch ausgestaltet. Er besitzt dann eine rechteckige bzw. quadratische Bodenplatte, von deren äußeren Rand sich jeweils vier Seitenwände erstrecken. Die Oberseite des Behälters ist mit einer oberen Platte verschlossen. Je nach Verwendung des Behälters ist entweder wenigstens eine der Seitenwände als öffnbare Tür ausgestaltet oder die Oberseite des Behälters, d.h. die obere Platte ist als öffnbarer Deckel ausgebildet. 15 Wenn im Weiteren von "Seitenwand" die Rede ist, umfasst dieser Begriff auch den Plural, d.h. "Seitenwände".

### Kurzbeschreibung der Erfindung

20 **[0012]** Überraschenderweise wurde gefunden, dass diese Aufgabe gelöst wird durch einen zumindest zweischichtigen Behälter gemäß Anspruch 1. Ebenso überraschend sind die Ergebnisse, die mit einer Vorrichtung, insbesondere Zentrifuge gemäß Anspruch 5 erzielt werden. Diese Ergebnisse sind deswegen überraschend, weil bisher keinerlei Hinweise vorlagen, dass ein zumindest zweischichtiger Zentrifugenkessel eine solche enorme Verbesserung der mittelbaren Kühlung bei einer Zentrifuge erbringen kann.

25 **[0013]** Die Erfindung betrifft somit

(1) einen Behälter zur mittelbaren Kühlung von Gut in einer Vorrichtung, wie Zentrifugen, Rührvorrichtungen, Kühlvorrichtungen, wie Kühlschränken, und dergleichen, wobei der Behälter mit einer Kühleinrichtung der Vorrichtung in Wärme leitenden Kontakt bringbar ist und einen Behälterkörper aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälterkörper zumindest zwei in Wärme leitendem Kontakt stehende Behälterschichten (10, 11) mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit aufweist, wobei die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit (11) an der durch die Kühleinrichtung zu kühlenden Behälteraußenseite angeordnet ist;

30 (2) eine Vorrichtung zur Behandlung, insbesondere Zentrifugieren, Rühren, Kühlen oder dergleichen., eines Gutes, insbesondere eine Laborzentrifuge, ein Kühlschrank, ein Gefrierschrank, insbesondere ein Laborkühlschrank- und/oder Laborgefrierschrank oder dergleichen., mit einem Behälter und einer nur bereichsweise mit einer gekühlten Außenfläche des Behälters in Wärme leitendem Kontakt stehenden Kühleinrichtung zur mittelbaren Kühlung des im Inneren des Behälters angeordnetes Gutes, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälter als Behälter gemäß (1) ausgebildet ist; und

35 (3) ein Verfahren zur Herstellung des Behälters gemäß (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit (11) auf der Schicht mit geringerer Wärmeleitfähigkeit (10) angeordnet wird oder umgekehrt.

40 **[0014]** "Wärme leitender Kontakt" heißt im Zusammenhang der vorliegenden Erfindung, dass der Kontakt so beschaffen sein muss, dass die Wärmeübertragung durch Wärmeleitung erfolgen kann. Es muss also ein stofflicher Kontakt vorhanden sein, was jedoch nicht bedeutet, dass dieser Kontakt unmittelbar bestehen muss - zwischen den beiden Schichten können also auch noch ein oder mehrere Zwischenschichten angeordnet sein. "Wärme übertragender Kontakt" 45 heißt dagegen im Zusammenhang der vorliegenden Erfindung, dass der Kontakt so beschaffen sein muss, dass eine Wärmeübertragung zumindest durch eine der drei prinzipiellen Wärmeübertragungsmechanismen, Wärmeleitung, -strahlung oder -konvektion, erfolgen kann. Es muss dabei also nicht zwingend ein stofflicher Kontakt bestehen. "Direkter Kontakt" zwischen zwei Objekten heißt im Rahmen der vorliegenden Erfindung, dass zwei Objekte zumindest bereichsweise direkt aneinander anliegen und sich somit berühren. Wenn im Rahmen der vorliegenden Erfindung allgemein von "Kontakt" oder "Kontaktstelle" die Rede ist, d.h. ohne die voranstehenden Worte "Wärme leitend" bzw. "Wärme übertragend", ist damit immer ein direkter Kontakt gemeint.

50 **[0015]** Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

### Kurzbeschreibung der Figuren

55 **[0016]** Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Figuren illustriert, die zusätzlich auch in der detaillierten Beschreibung der Erfindung näher erläutert sind. Dabei zeigen

Fig. 1 eine schematische, ausschnittsweise Darstellung eines herkömmlichen Zentrifugenkessel in Kontakt mit einer Kühlleitung und

Fig. 2 eine schematische, ausschnittsweise Darstellung eines erfindungsgemäßen Zentrifugenkessel in Kontakt mit einer Kühlleitung.

5

**[0017]** Der erfindungsgemäße Behälter umfasst einen Behälterkörper, der zumindest zwei in Wärme leitendem Kontakt stehende Behälterschichten mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit aufweist. Durch die zwei Behälterschichten wird eine große Kontaktfläche geschaffen, die die Wärmeübertragung bei der Kühlung verbessert. Dadurch, dass die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit an der zu kühlenden Behälteraußenseite angeordnet ist, wird der Wärmestrom in Richtung zu der nur bereichsweise in Wärme leitendem Kontakt mit der zu kühlenden Behälterfläche stehenden Kühleinrichtung erhöht. Dadurch ergibt sich insgesamt eine erhöhte Kühleffizienz.

10

**[0018]** Um eine besonders effiziente Kühlung zu ermöglichen, sollen sich die Wärmeleitfähigkeiten um einen Faktor größer 10, bevorzugt größer 20, insbesondere größer 100 unterscheiden.

15

**[0019]** In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist die Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit aus einem Material umfassend Edelstahl, Stahl, Keramik, Glas und/oder Kunststoff gebildet und die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit ist aus einem Material Aluminium, Gold, Kohlenstoff, einschließlich dessen Modifikationen Graphit, Diamant, diamantähnlicher Kohlenstoff und Kohlenstoff-Nanoröhrchen, Kupfer, Magnesium, Messing, Silber und/oder Silizium oder deren Legierungen umfassend gebildet. Dann lässt sich eine besonders effiziente Wärmeübertragung sicherstellen und der Kessel ist auch leicht herstellbar. Insbesondere ist auch eine Ausgestaltung der Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit als Folie vorteilhaft, beispielsweise als pyrolytische Graphitfolie (PGS), da diese fertigungstechnisch einfach auf die Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit aufbringbar ist. Als Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit können alternativ auch sogenannte Nanoschichten verwendet werden, also eine Schicht, die mit Nanotechnologie erzeugt wurde. Im weiteren wird eine solche Schicht aus einem "Nanomaterial" bestehend aufgefasst.

20

**[0020]** Die Herstellungskosten lassen sich bei guter Effizienz dadurch reduzieren, dass die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit eine geringe Dicke von weniger als 1 mm, bevorzugt weniger als 0,5 mm und insbesondere weniger als 0,2 mm aufweist. Dabei ist zu beachten, dass in Abhängigkeit vom Schichtmaterial der Wärmestrom bei zu dicken Schichten abnimmt und der Wärmetransport bei zu dünnen Schichten möglicherweise gestört ist, so dass bezüglich der minimalen Dicke für jedes Schichtmaterial ein Optimum besteht, das der Fachmann anhand von Versuchen und Berechnungen routiniert herausfinden wird.

25

30

**[0021]** Unabhängiger Schutz wird beansprucht für eine Vorrichtung zur Behandlung, insbesondere Zentrifugieren, Rühren, Kühlen oder dergleichen, eines Gutes, insbesondere eine Laborzentrifuge, ein Kühlschranks, ein Gefrierschranks, ein Laborkühlschranks, ein Laborgefrierschranks, oder dergleichen, mit einem Behälter und einer nur bereichsweise mit einer gekühlten Außenfläche des Behälters in Wärme leitendem Kontakt stehenden Kühleinrichtung zur mittelbaren Kühlung des im Inneren des Behälters angeordnetes Gutes, wobei der Behälter als der erfindungsgemäße Behälter ausgebildet ist.

35

**[0022]** Vorteilhafterweise ist dabei der Behälter von einer rohrförmigen Leitung umgeben, die vorzugsweise spiralförmigen um den Behälter gewickelt ist. Der Begriff "rohrförmig" umfasst runde Rohre sowie auch Rohre mit zumindest einer abgeflachten Seite, insbesondere auch Rechteckrohre.

40

**[0023]** "Nur bereichsweise" bedeutet im Zusammenhang der vorliegenden Erfindung, dass die Kontaktfläche zwischen der Kühleinrichtung und der gekühlten Außenfläche des Behälters kleiner ist als die gekühlte Außenfläche des Behälters. Die Kühleinrichtung kann dabei auch durch mehrere getrennt arbeitende Einrichtungen gebildet sein, wobei jedoch deren gesamte Kontaktfläche kleiner sein soll als die gekühlte Behälteraußenfläche.

45

**[0024]** Aufgrund der Effizienz der ermöglichten mittelbaren Kühlung kann auf die Vorsehung von Kühlleitungen am Boden des Behälters verzichtet werden. Allerdings steigt die Temperatur beispielsweise in einem Zentrifugenkessel in Abhängigkeit von der Rotationsgeschwindigkeit exponentiell an, so dass für sehr hohe Drehzahlen und/oder angestrebte sehr tiefe Auskühlungen zusätzliche Kühlleitungen am Kesselboden vorgesehen werden können.

**[0025]** Selbstverständlich kann die erfindungsgemäße mittelbare Wärmeübertragung auch mit einer direkten Wärmeübertragung, beispielsweise die bekannte Rotorluft gestützte Zentrifugenkühlung gekoppelt werden.

50

**[0026]** Weiterhin wird selbständiger Schutz für das Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Behälters beansprucht, bei dem die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit auf der Schicht mit geringerer Wärmeleitfähigkeit angeordnet wird oder umgekehrt. Beispielsweise kann dies dadurch erfolgen, dass die eine Schicht, bevorzugt die mit der höheren Wärmeleitfähigkeit auf der anderen Schicht aufplatiert und dann der Behälter geformt wird oder zwei von einander getrennte Schichten werden beispielsweise als Folien oder Bleche aufeinander gelegt und der Behälter beispielsweise durch gleichzeitiges Umformen, beispielsweise Tiefziehen, der Schichten geformt.

55

**[0027]** Allerdings wird bevorzugt, wenn die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit auf der Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit aufgebracht wird nachdem die Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit im Wesentlichen die Form des Behälters erhalten hat oder umgekehrt wird die Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit auf der Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit aufgebracht wird nachdem die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit im Wesentlichen die Form

des Behälters erhalten hat. Dann lässt sich das Herstellungsverfahren kostengünstiger gestalten, wobei beispielsweise die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit galvanotechnisch auf der Schicht mit niedriger Wärmeleitfähigkeit aufgebracht wird oder umgekehrt.

[0028] Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Erfinder erkannt haben, dass bei der mittelbaren Kühlung die Effektivität ganz wesentlich von der Wärmeübertragung zwischen den Elementen des Wärmetauschers abhängt, wie im Folgenden dargelegt wird. Dabei wird zur Beschreibung der Vorgänge bei der Wärmeübertragung nur die Wärmeleitung berücksichtigt und die Wärmestrahlung und Wärmekonvektion werden außer Acht gelassen.

[0029] Der Wärmestrom innerhalb eines Festkörpers ist definiert als:

$$\dot{Q} = \lambda \cdot \frac{A}{s} \cdot \Delta T,$$

wobei  $\dot{Q}$  der Wärmestrom durch den Festkörper,  $\lambda$  die Wärmeleitfähigkeit, die eine Materialkonstante ist,  $A$  die Größe der Querschnittsfläche des Festkörpers,  $s$  die Dicke des Festkörpers und  $\Delta T$  die Temperaturdifferenz zwischen der Eingangs- und Ausgangsseite des Wärmestroms sind.

[0030] Das erfindungsgemäße Prinzip mit seinen Vorteilen wird im Folgenden anhand der Zeichnung am Beispiel von Zentrifugenkesseln näher erläutert.

[0031] Anhand von Fig. 1 wird dieses Prinzip rein schematisch für einen nach Stand der Technik bekannten und ausschnittsweise dargestellten Zentrifugenkessel mit einer Kesselwand 1, der mit einer Kühlleitung 2 in Kontakt steht, erläutert. Dabei fließt der anhand der Pfeile verdeutlichte Wärmestrom von der Kesselinnenseite 3 mit einer Temperatur  $T_1$  durch die Kesselwand 1, die eine Wandstärke  $s_1$  aufweist, über die Kontaktfläche  $A$  zwischen Kesselwand 1 und Kühlleitung 2 mit einer Temperatur  $T_A$  durch das Kühlmedium führende Material der Kühlleitung 2, die eine Wandstärke  $s_2$  besitzt, wobei das Kühlmedium die Temperatur  $T_2$  aufweist.

[0032] Zur Vereinfachung werden weiterhin die Annahmen getroffen, dass die Wandstärken  $s_1$  und  $s_2$  gleich sind, und zwar  $s = 1 \text{ mm}$ , der Querschnitt der Kontaktfläche  $A = 1 \text{ mm}^2$  beträgt und der Wärmestrom außerhalb der Kontaktfläche  $A$  gleich Null ist, dort also ein Luftspalt vorliegt. Damit kann der Wärmestrom durch die Kesselwand 1 nur durch die Kontaktfläche  $A$  erfolgen und für den Wärmestrom durch die Kesselwand 1 ergibt sich dann:

$$\dot{Q}_1 = \lambda_1 \cdot (T_1 - T_A)$$

und für den Wärmestrom durch das Kühlmedium führende Material der Kühlleitung 2:

$$\dot{Q}_2 = \lambda_2 \cdot (T_A - T_2)$$

[0033] Nach dem Kontinuitätsprinzip ist

$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_2.$$

[0034] Nach dem Einsetzen ergibt sich:

$$\lambda_1 \cdot (T_1 - T_A) = \lambda_2 \cdot (T_A - T_2).$$

[0035] Mit  $T_1 - T_A = \Delta T_1$  und  $T_A - T_2 = \Delta T_2$  folgt schließlich:

5

$$\lambda_1 \cdot \Delta T_1 = \lambda_2 \cdot \Delta T_2.$$

[0036] Wenn  $\lambda_1 < \lambda_2$  gewählt wird, muss folglich  $\Delta T_1 > \Delta T_2$  sein.

10

[0037] Im Anwendungsfall einer Zentrifuge wird  $T_2$  mittels Kühlmittel konstant niedrig gehalten. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass die Temperatur im Kesselinneren  $T_1$  einen wesentlich höheren Temperaturabstand zur Temperatur der Kontaktstelle  $T_A$  haben wird.

15

[0038] Um nun die Temperatur im Kesselinneren  $T_1$  noch weiter absenken zu können, stehen zwar prinzipiell auch die Möglichkeiten zur Verfügung, die Wandstärken  $s_1$  und  $s_2$  zu verringern und/oder die Kesselwand 1 aus einem Material mit sehr hoher Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  (z.B. aus Kupfer oder Silber) zu fertigen, jedoch ist die erste Möglichkeit technisch durch die funktionelle Auslegung der Bauteile begrenzt und wird in der Regel auch ausgeschöpft und die zweite Möglichkeit ist zumeist aus anwendungstechnischen Gründen und dem vorgesehenen Einsatzbereich nicht möglich, da z.B. Kupfer oder Silber nicht chemisch inert sind.

20

[0039] Damit verbleibt die praktikable Möglichkeit, die Kontaktfläche  $A$  zu vergrößern. Dazu können Rechteckrohre an Stelle von Rundrohren verwendet werden, denn üblicherweise wird rundes Kupferrohr für die Kühlmittel führenden Bauteile verwendet und bei der Verwendung von Rechteckrohr erfolgt eine wesentliche Vergrößerung der Kontaktfläche  $A$ . Allerdings ist es in der praktischen Ausführung jedoch derzeit technologisch nicht möglich, einen vollständigen Kontakt der eckigen Rohrwandung mit dem Zentrifugenkessel herzustellen. Es bleiben immer Spalte, an denen effektiv gesehen kein Wärmeübergang stattfindet.

25

[0040] Als erfindungsgemäße Lösung wird durch die Erfinder eine zusätzliche Wärmeleitschicht an der Kesselaußenwand vorgesehen, wie in Fig. 2 wiederum rein schematisch für den sich ergebenden und anhand der Pfeile verdeutlichten Wärmestrom ausschnittsweise dargestellt ist. Hierdurch wird eine zusätzliche Kontaktstelle mit großer Kontaktfläche eingefügt.

30

[0041] Im Unterschied zum Zentrifugenkessel nach Fig. 1 ist hier also neben der das Kesselinnere begrenzenden inneren Kesselschicht 10 mit der Dicke  $s_{10}$  eine zusätzliche äußere Kesselschicht 11 mit der Dicke  $s_{11}$  aus gut Wärme leitendem Material als Kesselaußenwand aufgebracht. Die Kühlleitung 12 weist die Dicke  $s_{12}$  auf.

[0042] Zur Vereinfachung gelten auch hier die Annahmen von Fig. 1, dass die Wandstärken alle gleich  $s = 1$  mm sind, der Querschnitt der zwischen der äußeren Kesselschicht 11 und der Kühlleitung 12 angeordneten Kontaktfläche  $A = 1$  mm<sup>2</sup> beträgt und der Wärmestrom außerhalb der Kontaktfläche  $A$  gleich Null ist, also dort ein Luftspalt vorliegt.

35

[0043] Zusätzlich ergibt sich hier jedoch eine Kontaktfläche  $B$  zwischen den Kesselschichten 10, 11, die sehr viel größer ist als die andere Kontaktfläche  $A$ . Der Wärmestrom geht jetzt durch die drei Materialien der inneren Kesselschicht 10, der äußeren Kesselschicht 11 und der Kühlleitung 12 sowie durch die zwei dazwischen liegenden Kontaktstellen  $A$ ,  $B$ , die sich von ihrer Größe erheblich unterscheiden.

[0044] Nach dem Kontinuitätsprinzip gilt auch hier:  $\dot{Q}_1 = \dot{Q}_{B-A} = \dot{Q}_2$ .

40

[0045] Mit dem Einsetzen der Formel für den Wärmestrom ergibt sich:

$$\lambda_1 \cdot B \cdot (T_1 - T_B) = \lambda_{A-B} \cdot A \cdot (T_B - T_A) = \lambda_2 \cdot A \cdot (T_A - T_2).$$

45

[0046] Unter der weiteren Vereinfachung, dass die Materialien der äußeren Kesselschicht 11 und der Kühlleitung 12 dieselben sind und daher  $\lambda_{A-B} = \lambda_2$  gilt, vereinfacht sich der Zusammenhang zu:

50

$$\lambda_1 \cdot B \cdot (T_1 - T_B) = \lambda_2 \cdot \frac{A}{2} \cdot (T_B - T_2),$$

55

und mit  $T_1 - T_B = \Delta T_1$  und  $T_B - T_2 = \Delta T_2$  zu:

$$\lambda_1 \cdot B \cdot \Delta T_1 = \lambda_2 \cdot \frac{A}{2} \cdot \Delta T_2.$$

5

**[0047]** D.h. wenn wiederum  $\lambda_1 < \lambda_2$  gewählt wird, muss folglich wiederum  $\Delta T_1 > \Delta T_2$  sein. Allerdings wird hier ein Teil der erforderlichen Temperaturdifferenz durch die wesentlich größere Kontaktfläche B abgefangen. Oder anders formuliert ist

10

$$B \cdot \Delta T_1 > \frac{A}{2} \cdot \Delta T_2.$$

15

**[0048]** Im Anwendungsfall einer Zentrifuge mit Kühlung wird  $T_2$  mittels Kühlmittel konstant niedrig gehalten. Das bedeutet aber im Umkehrschluss, dass die Temperatur im Kesselinneren  $T_1$  zwar einen höheren Temperaturabstand zur Temperatur der Kontaktstelle  $T_B$  haben muss, jedoch ist der wiederum geringer als im Zusammenhang mit Fig.1 beschrieben, da  $B \gg A$ .

20

**[0049]** Auch wenn das erfindungsgemäße Prinzip vorliegend anhand von zwei Behälterschichten mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit beschrieben wurde, ist doch klar, dass auch drei oder mehr Schichten verwendet werden können. Dabei kann es sich insbesondere um Korrosionsschutz-, Verschmutzungsschutz- oder dergleichen Schichten handeln. Wichtig ist nur, dass die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit an der zu kühlenden Behälteraußenfläche angeordnet ist. Es können aber sowohl zwischen der Schicht mit höherer und der Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit als auch auf der Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit noch ein oder mehrere weitere Schichten angeordnet sein, um den Behälter an besondere Einsatzbedingungen anzupassen.

25

### Beispiel

30

**[0050]** Nachfolgend werden die Wirkungen der Erfindung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels verglichen mit einem aus dem Stand der Technik bekannten Vergleichsbeispiel geschildert.

**[0051]** Es wurde eine Laborzentrifuge 5415R der Firma Eppendorf AG verwendet, die als Kühlleitung 2, 12 ein spiralförmiges Rechteckrohr mit einer Breite von 9,5 mm, einer Höhe von 5,5 mm und einer Materialstärke von 0,5 mm aufweist. Dazu wurde ein serienmäßiger Zentrifugenkessel 1 mit 185 mm Durchmesser, 70 mm Höhe und einer Wandstärke von 1 mm (Art.-Nr. 5426 123.101-00) der Firma Eppendorf AG verwendet, der aus V2A-Edelstahl (Wärmeleitfähigkeit ca. 15 W/m\*K) besteht und mit Wärmeleitpaste (Wärmeleitfähigkeit ca. 15 W/m\*K) versehen in der Kühlleitung 2 angeordnet wurde, um das Vergleichsbeispiel zu bilden. Für das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel wurde der serienmäßige Edelstahl-Zentrifugenkessel 10 (Art.-Nr. 5426 123.101-00) der Firma Eppendorf AG mit einer 0,1 mm dicken Kupferbeschichtung 11 (Wärmeleitfähigkeit ca. 350 W/m\*K) versehen, ansonsten war der Versuchsaufbau gleich, d.h. der Zentrifugenkessel wurde mittels Wärmeleitpaste (Wärmeleitfähigkeit ebenfalls ca. 15 W/m\*K) mit der rechteckigen Kühlleitung 12 verbunden.

35

40

**[0052]** In beiden Fällen wurde die Zentrifuge 5415R mit einem gebräuchlichen Rotor F45-24-11 der Firma Eppendorf AG für eine Stunde bei maximal 13200 U/min betrieben. Die minimal erreichbare Proben temperatur wurde jeweils mit dem Temperaturmesser gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle festgehalten.

45

Tabelle:

|                        | 5415R mit Zentrifugenkessel ohne Cu-Beschichtung | 5415R mit Zentrifugenkessel mit Cu-Beschichtung |
|------------------------|--|---|
| Raumtemperatur [°C]    | 25   | 26  |
| Proben temperatur [°C] | 3,9  | 0,4   |

50

**[0053]** Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Kupferbeschichtung 11 des Zentrifugenkessels 10 bei gleicher Kühlleistung eine wesentlich niedrigere Proben temperatur erreicht wird. Durch die Kupferbeschichtung 11 wird die Wärmeleitfähigkeit des Zentrifugenkessels 10 und damit der Wirkungsgrad der Kühlanlage verbessert. Es wird bei gleichem elektrischen Energieverbrauch eine geringere Proben temperatur erreicht.

55

**[0054]** Somit wurde gezeigt, dass die vorliegende Erfindung eine wesentlich effizientere mittelbare Kühlung vom Behälteräußeren in das Behälterinnere erlaubt. Die Verbesserung der Wärmeleitung und des Wärmeübergangs von Zentrifugenkesseln ergibt bei gekühlten Zentrifugen eine Verminderung der notwendigen Leistung der Kälteanlage. Durch die höhere Leistungsfähigkeit der Zentrifuge kann für gleiche Zentrifugierguttemperaturen eine höhere Drehzahl gefahren und/oder bei gleicher Zentrifugierguttemperatur und gleicher Drehzahl die aufgenommene Leistung des Kühl-

aggregats reduziert werden.  
**[0055]** Das erfindungsgemäße Prinzip beruht auf der Erkenntnis, dass bei mittelbarer Kühlung einer Behälterfläche, die größer ist als die Kontaktfläche zwischen dem Behälter und der Kühleinrichtung, die Kühlwirkung dann erhöht werden kann, wenn der Behälter neben der Schicht mit niedriger Wärmeleitfähigkeit eine Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit aufweist und dabei die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit an der zu kühlenden Behälteraußenfläche angeordnet ist und mit der Kühleinrichtung in Wärme leitendem Kontakt steht. So wird die Kühlleistung besser in das Behälterinnere auf das dort zu kühlende Gut übertragen.

**[0056]** Eine alternative Lösung besteht darin, die Kontaktfläche zwischen der Kühleinrichtung und der gekühlten Fläche des Behälters zumindest gleich groß der gekühlten Behälterfläche zu machen. Dies kann dadurch verwirklicht werden, dass die Kühleinrichtung ein Teil der Schicht des Behälters mit größerer Wärmeleitfähigkeit ist.

**[0057]** Dazu kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die zweite Schicht aus einem Feststoff, wie Kupfer oder dergleichen besteht und die Kühleinrichtung direkt in dieser Schicht angeordnet ist.

**[0058]** Andererseits kann die Kühleinrichtung auch in einer Flüssigkeit, Gel oder dergleichen angeordnet sein, die mit der Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit in Wärme leitendem Kontakt steht und selbst eine höhere Wärmeleitfähigkeit aufweist. Dazu weist entweder der Behälter eine Schicht auf, die zwischen sich und der Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit einen mit einer Flüssigkeit, Gel oder dergleichen füllbaren Hohlraum aufweist, in dem die Kühleinrichtung angeordnet ist (die Wärmeleitfähigkeit dieser weiteren Schicht ist unerheblich, da sie in Bezug auf die Kühleinrichtung außerhalb liegt). Oder der Behälter weist nicht selbst die Flüssigkeit, Gel oder dergleichen auf, sondern diese ist mit der darin aufgenommenen Kühleinrichtung in einer Vorrichtung vorgesehen, in der der Behälter so anordenbar ist, dass die Flüssigkeit, Gel oder dergleichen mit der Schicht mit niedriger Wärmeleitfähigkeit in Wärme leitendem Kontakt steht. Dazu kann beispielsweise der Behälter im Sinne eines Bades selbst, bevorzugt bis zum Rand vollständig, in die Flüssigkeit, Gel oder dergleichen eingetaucht werden oder die Flüssigkeit, Gel oder dergleichen steht nur mit einem Teil der Behälteraußenfläche in Kontakt. Für einen Transport sollte bevorzugt darauf geachtet werden, dass eine ausreichende Abdichtung der Flüssigkeit, Gel oder dergleichen erfolgt.

**[0059]** Zwischen der Flüssigkeit, Gel oder dergleichen und der Schicht mit niedriger Wärmeleitfähigkeit kann auch eine weitere Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit angeordnet sein. Beispielsweise kann die Flüssigkeit, Gel oder dergleichen mit der Kühleinrichtung innerhalb einer Kupferumhüllung angeordnet sein, die entweder direkt in den Behälter integriert ist oder in der Vorrichtung vorgesehen wird, wo dann der Behälter mit dieser Kupferumhüllung in direkten Kontakt bringbar ist. Dadurch lässt sich auch die Abdichtung erzielen. Unter die Begriffe "Flüssigkeiten" bzw. "Gele" fallen sowohl Newtonsche Flüssigkeiten wie auch Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten, Sole, Dispersionen, Suspensionen, so wie auch jegliche Kombination von zwei oder mehr dieser aufgeführten Substanzen. Insbesondere kann eine Flüssigkeit bzw. Gel ausgewählt sein aus nachstehender Gruppe: Wasser, ionische Flüssigkeiten, Suspensionen von Kohlenstoff-Nanoröhrchen" Kühlsole, Eutektika bzw. eutektische Gemische und ähnliche Materialien. Insbesondere kommen in Frage Antifrogene, d.h. Wärmeträger-Flüssigkeiten auf Basis von Glykolen (Antifrogen N, Antifrogen L und Antifrogen SOL) bzw. Kaliumformiat (Antifrogen KF). Weiterhin finden ionische Flüssigkeiten, wie beispielsweise 1-Ethyl-3-methylimidazolium chloride, 1-Ethyl-3-methylimidazolium methanesulfonate, 1-Butyl-3-methylimidazolium chloride, 1-Butyl-3-methylimidazolium methanesulfonate, 1-Ethyl-2,3-di-methylimidazolium ethylsulfate (vertrieben unter der Marke Bacionics® der BASF SE, 67063 Ludwigshafen, DE) Anwendung. Ebenfalls eingesetzt werden können Polyalkylenglykol-Derivate.

**[0060]** Der Vorteil dieser alternativen Lösung liegt darin, dass die Kühleinrichtung nicht mehr selbst in direktem Kontakt, der ggf. durch Vermittlung einer Wärmeleitpaste vermittelt wird, mit der zu kühlenden Behälterfläche stehen muss. Dadurch bestehen keine so großen Anforderungen an die Genauigkeit beispielsweise der Wicklungsgeometrie eines Kühlrohrs bezüglich der Behälteraußenkontur, was die Kosten reduziert.

## Patentansprüche

- Behälter zur mittelbaren Kühlung von Gut in einer Vorrichtung, wie Zentrifugen, Rührvorrichtungen, Kühlvorrichtungen, wie Kühlschränken, Gefrierschränken und dergleichen, wobei der Behälter mit einer Kühleinrichtung der Vorrichtung in Wärme leitenden Kontakt bringbar ist und einen Behälterkörper aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälterkörper zumindest zwei in Wärme leitendem Kontakt stehende Behälterschichten (10, 11) mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit aufweist, wobei die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit (11) an der durch die Kühleinrichtung zu kühlenden Behälteraußenseite angeordnet ist.

## EP 2 199 713 A2

2. Behälter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmeleitfähigkeiten sich um einen Faktor größer 10, bevorzugt größer 20, insbesondere größer 100 unterscheiden.
- 5 3. Behälter nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit (10) aus einem Material umfassend Edelstahl, Stahl, Keramik, Glas, Nanomaterial und/oder Kunststoff gebildet ist und die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit (11) aus einem Material umfassend Aluminium, Gold, Kohlenstoff, Kupfer, Magnesium, Messing, Silber und/oder Silizium oder deren Legierungen gebildet ist.
- 10 4. Behälter nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit (11) eine Dicke von weniger als 1 mm, bevorzugt weniger als 0,5 mm und insbesondere weniger als 0,2 mm.
- 15 5. Vorrichtung zur Behandlung, insbesondere Zentrifugieren, Rühren, Kühlen oder dergleichen, eines Gutes, insbesondere eine Laborzentrifuge, ein Kühlschrank, ein Gefrierschrank, ein Laborkühlschrank, ein Laborgefrierschrank oder dergleichen, mit einem Behälter und einer nur bereichsweise mit einer gekühlten Außenfläche des Behälters in Wärme leitendem Kontakt stehenden Kühleinrichtung zur mittelbaren Kühlung des im Inneren des Behälters angeordnetes Gutes, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälter nach einem der vorherigen Ansprüche ausgebildet ist.
- 20 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälter an seiner Seitenwand und/oder seinem Boden von einer rohrförmigen, ein Kühlmedium führenden Kühlleitung (12) umgeben ist, die vorzugsweise spiralförmig um die Seitenwand und/oder auf den Boden gewickelt ist.
- 25 7. Verfahren zur Herstellung eines Behälters nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit (11) auf der Schicht mit geringerer Wärmeleitfähigkeit (10) angeordnet wird oder umgekehrt.
- 30 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht mit höherer Wärmeleitfähigkeit (11) auf der Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit (10) aufgebracht wird nachdem die Schicht mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit (10) im Wesentlichen die Form des Behälters erhalten hat oder umgekehrt.

35

40

45

50

55

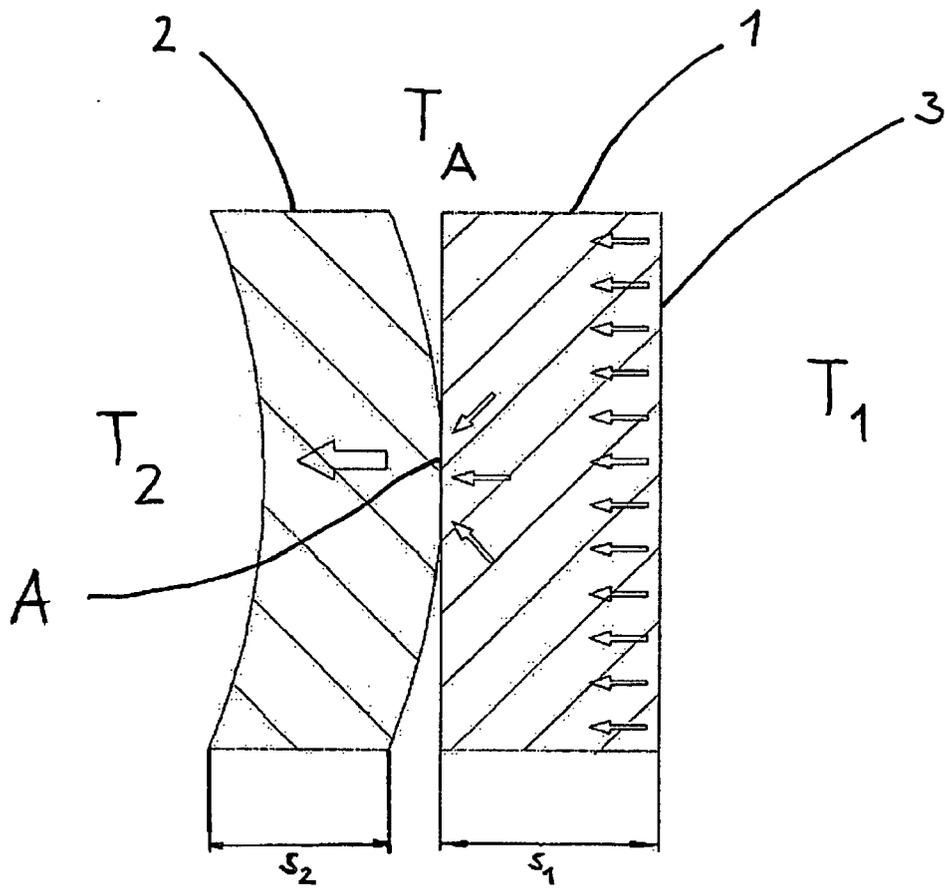


Fig. 1

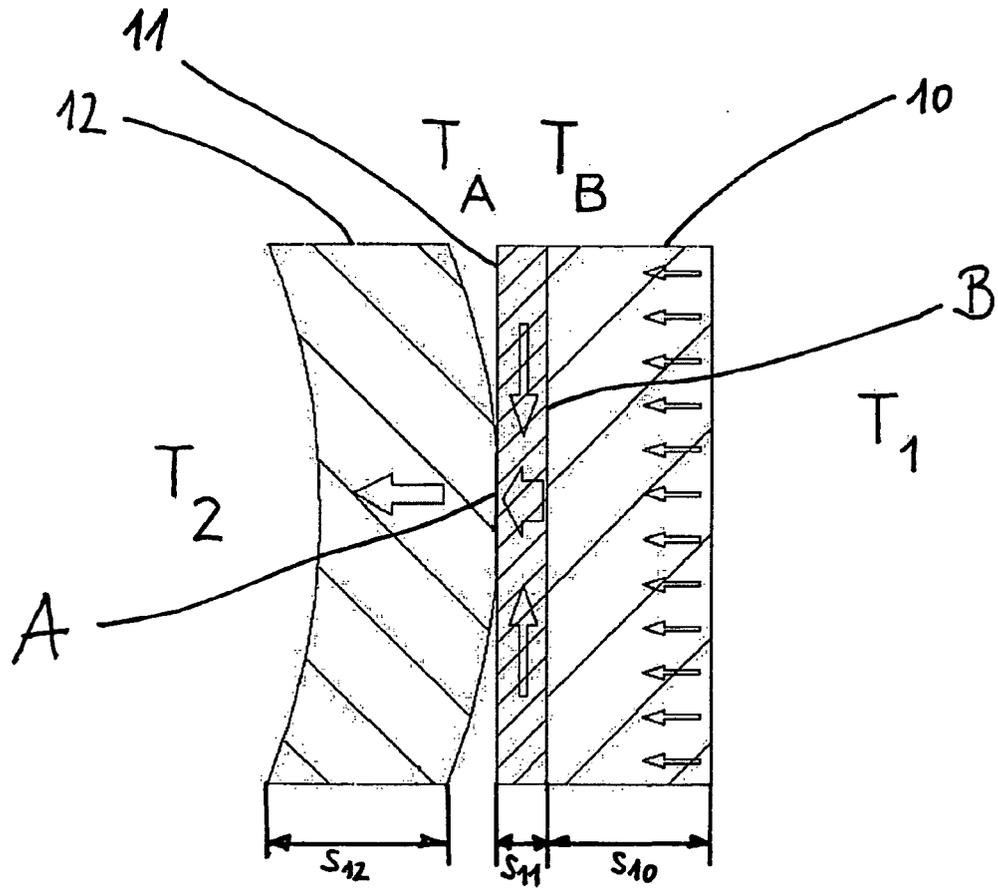


Fig. 2

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 5477704 A [0009]