

Rohrbündelwärmetauscher

Die Erfindung betrifft einen Rohrbündelwärmetauscher mit den Merkmalen im Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein Rohrbündelwärmetauscher kann z. B. so konfiguriert sein, dass ein kryogenes Medium in eine untere Querschnittshälfte eines zylindrischen Wärmetauschers einströmt, den Wärmetauscher in Längsrichtung durchströmt, am Ende des zylindrischen Wärmetauschers um 180° umgelenkt wird und über ein Rohrbündel in der oberen Hälfte des Wärmetauschers wieder zum gemeinsamen Rohrboden zurückströmt. Die halbkreisförmigen Rohrfelder des Rohrbodens haben zur Folge, dass die untere Hälfte des Rohrbodens durch das kryogene Medium eine entsprechend niedrige Temperatur aufweist, während das zweite halbkreisförmige Rohrfeld im Rohrboden deutlich wärmer ist. Die direkte Anströmung des Rohrbodens mit kryogenen Medien führt zu Spannungsspitzen innerhalb des Rohrbodens. Das

gilt auch bei Wärmetauschern, bei denen das Medium nicht umgelenkt wird, bei denen also der gesamte Rohrboden von dem Medium angeströmt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde einen Rohrbündelwärmetauscher aufzuzeigen, bei welchen die thermische Belastung des Rohrbodens, der Rohrverbindung zum Rohrbündel und des Rohrbündels reduziert ist.

Diese Aufgabe ist bei einem Rohrbündelwärmetauscher mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

Der erfindungsgemäße Rohrbündelwärmetauscher besitzt ein Rohrbündel in einem Gehäuse, wobei das Gehäuse einen ersten Einlass und einen ersten Auslass für ein erstes Medium zur Durchleitung durch das Rohrbündel besitzt. Ferner besitzt das Gehäuse einen zweiten Einlass sowie einen zweiten Auslass für ein zweites Medium zur Durchleitung durch einen das Rohrbündel umgebenden Strömungsraum innerhalb des Gehäuses. Der Wärmetauscher besitzt Rohrböden, um die Rohre zu halten und um die beiden Medien voneinander zu trennen.

Zwischen dem ersten Einlass und dem Rohrboden ist ein Trennkörper als Strömungsverteiler angeordnet. Der Trennkörper hat die Funktion, ein direktes Anströmen des Rohrbodens durch das erste Medium zu verhindern. Damit das erste Medium dennoch in das Rohrbündel eintreten kann, sind an dem Trennkörper Einleitrohre angeordnet. Die Einleitrohre überbrücken einen Ausgleichsraum zwischen dem Trennkörper und dem Rohrboden und ragen in die einzelnen Rohre des Rohrbündels. Mittels der Einzelrohre wird das erste Medium unter Umgehung des Rohrbodens unmittelbar in die Rohre geleitet. Der Rohrboden wird nicht direkt angeströmt.

Der unmittelbar angeströmte Trennkörper wird insbesondere beim Anströmen durch ein kryogenes Medium stark heruntergekühlt, was erfindungsgemäß keinen Einfluss auf die thermischen Spannungen im Rohrboden hat, weil der Rohrboden vom Trennkörper entkoppelt ist. Der Rohrboden ist nur unmittelbar über das Gehäuse mit

dem Trennkörper verbunden. Der Rohrboden, die Rohrverbindungen und auch die Rohre werden erheblich entlastet.

Die einzelnen Einleitrohre sind insbesondere nicht fest mit den Rohren des Rohrbündels verbunden. Dadurch werden thermische Längenänderungen zwischen den Einleitrohren und den Rohren des Rohrbündels kompensiert. Der Trennkörper dient zur thermischen Entkopplung vom Rohrboden.

Rohrbündelwärmetauscher, bei denen sich Einlass und Auslass an einem Ende des Gehäuses befinden, während am anderen Ende des Gehäuses eine Umlenkammer angeordnet ist, weisen bauartbedingt größere thermisch bedingte Spannungen innerhalb des Rohrbodens auf. Der Temperaturgradient im Rohrboden ist größer. Beispielsweise könnte die Temperatur eines kryogenen Mediums am ersten Einlass $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ betragen und am ersten Ausgang $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Temperaturdifferenz innerhalb des Rohrbodens liegt in diesem Fall bei über $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Es ist daher vorgesehen, dass der Rohrboden nicht in eine obere und untere Hälfte eingeteilt ist. Der erste Einlass ist an eine erste Gruppe von Rohren des Rohrbündels angeschlossen, die einer zweiten Gruppe von Rohren benachbart ist. Die erste Gruppe besitzt eine äußere Hüllfläche, die überwiegend, d.h. zu mehr als 50%, einer Hüllfläche der zweiten Gruppe benachbart ist. Die zweite Gruppe kann die erste Gruppe über mehr als 180° erfassen, bzw. umgeben und insbesondere vollständig umschließen. Die zweite Gruppe von Rohren ist dann im Wesentlichen ringförmig um die erste Gruppe von Rohren angeordnet. Anders ausgedrückt kann auch von einem Kernbereich und einem Randbereich gesprochen werden. Die Bereiche sind nicht zwangsläufig strikt konzentrisch. Es kann im Wesentlichen zwischen einer inneren Gruppe und einer äußeren Gruppe von Rohren unterschieden werden, wobei die zweite Gruppe als äußere Gruppe einen größeren Anteil von Rohren hat, die dem Gehäuse benachbart sind, als die erste, innere Gruppe.

Über eine endseitige Umlenkung oder auch eine Umlenkammer strömt das erste Medium zunächst durch die erste Gruppe und nach der Umlenkung durch die zweite Gruppe wieder zurück. Beide Gruppen von Rohren sind ebenfalls an einen gemeinsamen Rohrboden angeschlossen. Allerdings ergibt sich ein günstigerer

Temperaturgradient im Vergleich zu halbkreisförmigen Rohrfeldern. Bei einem kryogenen Medium herrschen im Kernbereich viel niedrigere Temperaturen als im Randbereich zum Übergang des Gehäuses. Der Temperaturgradient verläuft sternförmig zwischen dem Kernbereich und den äußeren Bereichen. In Kombination mit dem Trennkörper, der als Strömungsverteiler dient und welcher den Kernbereich des Rohrbodens vor dem direkten Anströmen schützt, wird erreicht, dass der Rohrboden bei der erfindungsgemäßen Anordnung der Gruppen von Rohren signifikant abgeschirmt wird und dadurch deutlich geringeren thermisch induzierten Spannungen ausgesetzt ist als bei einer Anordnung mit halbkreisförmigen Rohrbildern. Das ist insbesondere bei der Verwendung tiefkalter Gase oder bei flüssigem Stickstoff von Vorteil, weil Spannungsspitzen gekappt werden. Ein radial verlaufender Temperaturgradient, anstatt eines Temperaturgradienten der vom Rand bis quer zur Mitte verläuft, bewirkt auch eine günstigere Spannungsverteilung innerhalb des Rohrbündels.

Ein weiterer Vorteil ist, dass durch die Nicht-Erfordernis von Trenneinbauten innerhalb der Wärmetauscher-(Eintritts) -Kammer eine ca. 20 % größere Anzahl von Rohren bei gleichem Nenndurchmesser innerhalb des Rohrbodens bzw. des zylindrischen Gehäuses verbaut werden kann. Durch kleinere Nenndurchmesser reduzieren sich die erforderlichen Wanddicken bei Hochdruckanwendungen erheblich. Analog bedeutet dies eine Verringerung des Manteldurchmessers des Wärmeübertragers bei gleicher Rohranzahl. Dadurch können die Masse und die Herstellkosten reduziert werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung, erstrecken sich die Einleitrohre über mindestens die Hälfte einer Dicke des Rohrbodens. Die Dicke wird zwischen einer stromaufwärtigen und einer stromabwärtigen Seite des Rohrbodens, bezogen auf die Strömungsrichtung des ersten Mediums, gemessen. Bevorzugt durchsetzen die Einleitrohre den Rohrboden vollständig, so dass das erste Medium, z. B. ein kryogenes Medium mit sehr niedriger Temperatur, entfernt von einer Befestigungsstelle der Rohre im Rohrboden eingeleitet wird. Die Rohre können mit dem Rohrboden verschweißt sein. Aufgrund der besseren Zugänglichkeit erfolgt das Verschweißen der Rohre mit dem Rohrboden von der Anströmseite her. Indem die Einleitrohre diese anströmseitigen Verbindungsstellen der Rohre überbrücken und

das insbesondere kryogene Medium tief in die Rohre des Rohrbodens leiten, werden die Verbindungsstellen zwischen den Rohren und dem Rohrboden zusätzlich entlastet.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Rohrbündelwärmetauscher als Doppelrohrsicherheitswärmeübertrager ausgebildet. Bei einem Doppelrohrsicherheitswärmeübertrager sind die das erste Medium führenden Rohre jeweils in einem Außenrohr angeordnet. Das zweite Medium kommt nur mit dem Außenrohr in Kontakt. Das erste Medium kommt nur mit dem inneren Rohr in Kontakt. Zwischen dem inneren Rohr und dem Außenrohr befindet sich ein überwachbarer Leckageraum. Die Außenrohre sind in einem Rohrboden für die Außenrohre befestigt. Er befindet sich auf der stromabwärtigen Seite des Rohrbodens für die inneren Rohre. Die Rohrböden sind im Abstand zueinander angeordnet, sodass ein gemeinsamer überwachbarer Leckageraum besteht, der an alle Zwischenräume zwischen den Innen- und Außenrohren angeschlossen ist. Dieser Leckageraum kann auch als Prüfraum verwendet werden, um den Druck eines Prüfmediums im Leckageraum zu überwachen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist ein weiterer Trennkörper vorgesehen, der als Strömungssammler dient und welcher in Strömungsrichtung des ersten Mediums betrachtet hinter einem auslassseitigen Rohrboden und vor dem ersten Auslass angeordnet ist. Diese Bauform bezieht sich auf einen Rohrbündelwärmetauscher, bei welchem sich der erste Einlass an einem Ende eines insbesondere zylindrischen Gehäuses befindet und der erste Auslass am gegenüberliegenden Ende des zylindrischen Gehäuses. Bei dieser Bauform wird das erste Medium demzufolge nicht in einer endseitigen Sammelkammer umgelenkt. Auch beim Ausströmen aus einem solchen Rohrbündelwärmetauscher kann ein Trennkörper sinnvoll sein, um Spannungsspitzen am Rohrboden zu reduzieren. Der Trennkörper besitzt Ausleitrohre, die fluidleitend an die das erste Medium führenden Rohre angeschlossen sind, um das erste Medium durch den auslassseitigen Rohrboden und den Trennkörper zum ersten Ausgang zu leiten. Es befindet sich ein Ausgleichsraum zwischen dem Trennkörper und dem Rohrboden, um divergierende thermische Längenänderungen der Ausleitrohre gegenüber dem Rohrbündel und dem Rohrboden auszugleichen. In vorteilhafter Weise handelt es sich um eine

spiegelbildliche Anordnung zur Konfiguration auf der Einlassseite des Rohrbündelwärmetauschers. Beide Enden des Rohrbündelwärmetauschers können in diesem Sinne identisch konfiguriert sein.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist vor dem einlassseitigen Rohrboden eine Sammelkammer angeordnet. In diese Sammelkammer mündet die zweite Gruppe von Rohren. An die Sammelkammer ist der erste Ausgang angeschlossen. Die Sammelkammer ist im Wesentlichen ringförmig ausgebildet. Sie kann von dem Ausgleichsraum fluiddicht abgegrenzt sein. Bevorzugt ist die Sammelkammer fluidleitend mit dem Ausgleichsraum verbunden. Der Ausgleichsraum dient vorzugsweise nicht nur zum Ausgleich thermischer Längenänderungen zwischen dem Trennkörper und dem Rohrboden, sondern auch zur Aufnahme von Leckagen, die sich dadurch ergeben, dass die Einlassrohre vorzugsweise längsverschieblich in den Rohren des Rohrbündels angeordnet sind. Vorzugsweise sind sie lediglich mit Spiel in die das erste Medium führenden Rohre gesteckt, wobei ein schmaler Ringspalt verbleibt, der ausreicht, um thermisch bedingte Längenänderungen zu kompensieren. Allerdings ergibt sich insbesondere bei gasförmigen Medien ein begrenzter Leckagestrom zum Ausgleichsraum. Der Ausgleichsraum wird dementsprechend mit dem Leckagestrom des ersten Mediums gefüllt.

In besonders vorteilhafter Weise ist der Ausgleichsraum gleichzeitig Bestandteil der Sammelkammer für das zurückströmende Medium. Die Leckageströme sind in der Regel so gering, dass sie vernachlässigt werden können. Zwischen den Einlassrohren und den Rohren des Rohrbündels können Dichtmittel angeordnet sein.

Es wird als besonders günstig angesehen, wenn die Einleitrohre den Trennkörper vollständig durchsetzen und eingangsseitig mit dem Trennkörper verbunden sind. Der Trennkörper ist ein eigenständiges Bauteil, das vorzugsweise in das Gehäuse eingeschweißt ist. Die Einleitrohre werden wiederum mit dem Trennkörper verbunden und zwar vorzugsweise anströmseitig, also auf ihrer dem ersten Eingang zugewandten Seite. Sie werden beispielsweise stoffschlüssig mit dem Trennkörper verbunden. Die Herstellung ist vergleichbar mit der Herstellung eines Rohrbündels, das mit einem Rohrboden verbunden wird. Demzufolge kann der Trennkörper ähnlich wie ein Rohrboden als scheibenförmiger Körper ausgebildet sein, der eine

Vielzahl von Öffnungen aufweist, in welche die Einleitrohre eingesetzt sind. Gleiches gilt für den Aufbau eines als Strömungssammler dienenden Trennkörpers, der bei einem unidirektional in Längsrichtung durchströmten Rohrbündel auslasseitig montiert ist.

Die Erfindung ermöglicht es, dass der erste Einlass dem Trennkörper bei Bedarf unmittelbar gegenüberliegt. Die unmittelbare Anströmung des Trennkörpers ist aufgrund der in diesem Sinne nur mittelbaren Anströmung des Rohrbodens bzw. des Rohrbündels unschädlich für die thermischen Spannungen innerhalb des Rohrbündelwärmetauschers und insbesondere innerhalb des Rohrbündels. Selbstverständlich schließt die Erfindung nicht aus, dass der Einlass in einem von 180° abweichenden Winkel zum Trennkörper angeordnet ist, sodass das einströmende erste Medium umgelenkt wird.

Es wird als vorteilhaft angesehen, wenn der Einlass in eine Zuströmkammer mündet. Sie kann je nach Bedarf trichterförmig erweitert sein. Der Querschnitt des Einlasses muss nicht dem Querschnitt des Rohrbündels oder dem des Trennkörpers entsprechen. Die Zuströmkammer dient dazu, das einströmende Medium gleichmäßig auf alle Öffnungen im Trennkörper bzw. die einzelnen Einleitrohre und damit gleichmäßig auf das Rohrbündel zu verteilen.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 5 bis 11 näher beschrieben. Die anderen nachfolgend beschriebenen Figuren 1 bis 4 dienen lediglich zur Illustrierung der beanspruchten Erfindung und sind keine Ausführungsformen der Erfindung. Die Zeichnungen zeigen schematisch dargestellte Ausführungsbeispiele. Es zeigen:

- Figur 1 Im Längsschnitt einen Rohrbündelwärmetauscher in einer ersten Bauform (Stand der Technik);
- Figur 2 Im Längsschnitt den Endbereich eines Rohrbündelwärmetauschers gemäß einer ersten Bauform (Einwegeversion);
- Figur 3 Im Längsschnitt in den Endbereich eines Rohrbündelwärmetauschers gemäß einer zweiten Bauform;

- Figur 4 Im Längsschnitt einen Rohrbündelwärmetauscher mit einer endseitigen Umlenkammer (Stand der Technik);
- Figur 5 Einen Längsschnitt durch den Endbereich eines Wärmetauschers in einer ersten Ausführungsform der Erfindung (Mehrwegeversion);
- Figur 6 Eine Stirnansicht auf einen Rohrboden eines erfindungsgemäßen Wärmetauschers;
- Figur 7 Einen Längsschnitt durch einen Endbereich eines Wärmetauschers in einer weiteren Ausführungsform (Mehrwegeversion);
- Figur 8 Im Längsschnitt ein weiteres Ausführungsbeispiel durch den Endbereich eines Rohrbündelwärmetauschers gemäß einer weiteren Ausführungsform (Mehrwegeversion);
- Figur 9 Eine Ansicht auf ein Kopfstück des Rohrbündelwärmetauschers gemäß Figur 8 aus Blickrichtung des Rohrbündels;
- Figur 10 Eine stirnseitige Ansicht auf einen Trennkörper gemäß dem Ausführungsbeispiel der Figur 8 und
- Figur 11 eine Stirnansicht auf einen Rohrboden eines Rohrbündelwärmetauschers gemäß der Bauform der Figur 8.

Die Figur 1 zeigt einen Rohrbündelwärmetauscher 1 zum Stand der Technik. Anhand dieses Rohrbündelwärmetauschers 1 werden die wesentlichen Komponenten benannt, die sich auch bei den nachfolgenden, erfindungsgemäßen Bauformen ab Figur 5 wiederfinden.

Der Rohrbündelwärmetauscher 1 besitzt ein Gehäuse 2. Das Gehäuse 2 ist zylindrisch. Das Gehäuse 2 besitzt in der Bildebene links einen ersten Einlass 3 und in der Bildebene rechts einen ersten Auslass 4 für ein erstes Medium M1 das in den ersten Einlass 3 einströmt und aus dem ersten Auslass 4 ausströmt. Das erste Medium M1 wird durch ein Rohrbündel 5 geleitet. Von dem Rohrbündel 5 ist zur besseren Veranschaulichung nur ein einzelnes Rohr 6 dargestellt.

Das Rohrbündel ist von einem Strömungsraum 7 für ein zweites Medium M2 umgeben. Das zweite Medium M2 strömt in der Bildebene rechts über einen zweiten Einlass 8 durch den Strömungsraum 7 zu dem zweiten Auslass 9 am anderen Ende des Gehäuses 2. Hierbei wird das zweite Medium M2 mehrfach innerhalb des Gehäuses 2 umgelenkt. Zu diesem Zweck sind in dem Gehäuse 2 Umlenkleche 10 angeordnet, sodass der Strömungspfad des zweiten Mediums M2 verlängert wird. Das zweite Medium M2 kommt nicht mit dem ersten Medium M1 in Kontakt. Hierzu sind die Rohre 6 der Rohrbündel 5 in Rohrböden 11 am ersten Einlass und an einem Rohrboden 12 am ersten Auslass 4 befestigt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Rohrbündelwärmetauscher als Doppelrohrsicherheitswärmeübertrager ausgebildet. Hierfür ist jedes Rohr 6 von einem Außenrohr umgeben, das in einem zweiten Rohrboden 13 am ersten Einlass 3 bzw. einem zweiten Rohrboden 14 am ersten Auslass 4 verbunden ist. Der Zwischenraum zwischen den Rohrböden 11, 13, bzw. 12, 14 kann zur Leckageerkennung überwacht werden. Hierzu befinden sich die Rohrböden 11, 13, bzw. 12, 14 in geringem Abstand zueinander.

Die Figur 2 zeigt einen Rohrbündelwärmetauscher 15. Bei diesem Rohrbündelwärmetauscher 15 werden die zur Figur 1 genannten Bezugszeichen für im Wesentlichen baugleiche Komponenten weiter verwendet. Der Rohrbündelwärmetauscher 15 besitzt ein zylindrisches Gehäuse 2 mit einem ersten Einlass 3 für das erste Medium M1. Innerhalb des zylindrischen Gehäuses 2 verläuft ein Rohrbündel 5 durch einen Strömungsraum 7 für ein nicht näher dargestelltes zweites Medium, das über den in Figur 1 dargestellten zweiten Einlass 8 bzw. zweiten Auslass 9 in und aus dem Gehäuse 2 strömen kann. Die Rohre 6 des Rohrbündels 5 sind in einem Rohrboden 11 befestigt. Zusätzlich befindet sich zwischen dem Rohrboden 11 und dem Einlass 3 ein Trennkörper 16. Er dient als Strömungsverteiler, wie anhand der fächerartig dargestellten Pfeile in einer sich trichterförmig erweiternden Zuströmkammer 17 in einem Kopfstück 35 des Gehäuses 2 verdeutlichen. Das Kopfstück 35 ist mit dem Rohrboden 11 und der Rohrboden 11 wiederum mit dem zylindrischen Teil des Gehäuses 2 verschweißt. Der gesamte Rohrbündelwärmetauscher 15 ist zylindrisch. Daher sind auch der Rohrboden 11, der Trennkörper 16 und das dazugehörige Kopfstück 35 bei diesem Ausführungsbeispiel zylindrisch. Der Trennkörper 16 ist scheibenförmig konfiguriert

und besitzt mehrere Durchgangsöffnungen, in welchen die Einleitrohre 18 verlaufen. Die Einleitrohre 18 sind fluchtend zu den Rohren 6 angeordnet, sodass jeweils ein Einleitrohr 18 dem Rohr 6 des Rohrbündels 5 in Axialrichtung fluchtend gegenüberliegt. Die Einleitrohre 18 besitzen alle die gleiche Länge. Sie erstrecken sich durch den Trennkörper 16 hindurch und überbrücken einen spaltförmigen Ausgleichsraum 19 vor dem Rohrboden 11. Sie erstrecken sich bis zu einer stromabwärtigen Seite 20 des Rohrbodens 11 und durchsetzen somit auch den gesamten Rohrboden 11.

Wenn das Medium M1 durch den einen ersten Einlass in die Zuströmkammer 17 einströmt, wird ausschließlich der Trennkörper 16 bzw. die darin angeordneten Einleitrohre 18 unmittelbar angeströmt. Der Rohrboden 11 wird nicht direkt angeströmt. Das Medium M1 tritt erst auf der stromabwärtigen Seite des Rohrbodens 11 in das Rohrbündel 5 ein. Zum Ausgleich thermischer Längenänderungen sind die Einleitrohre 18 längenverschieblich gegenüber den Rohren 6 des Rohrbündels 5 verlagerbar. Etwaige Leckageströme werden in dem Ausgleichsraum 19 aufgefangen. Hier können sie nicht entweichen, weil der Ausgleichsraum 19 einerseits durch den Trennkörper 16 und umfangsseitig durch das Kopfstück 35 begrenzt ist. Das erste Medium M1 kann nur in die Rohre 6 des Rohrbündels 5 einströmen.

Die Figur 2 zeigt, dass die Rohre 6 des Rohrbündels 5 auf einer stromauswärtigen Seite 21 des Rohrbodens 11, insbesondere schweißtechnisch fixiert sind. Auch die Einleitrohre 18 sind eingangsseitig an einer dem ersten Medium M1 zugewandten Vorderseite 22 des Trennkörpers 16 fixiert.

Die Bauform der Figur 3 unterscheidet sich von derjenigen der Figur 2 dadurch, dass der Rohrbündelwärmetauscher 23 als Doppelrohrsicherheitswärmeübertrager ausgebildet ist. Bezüglich der grundsätzlichen Funktionsweise wird auf die Ausführungen zur Figur 2 Bezug genommen. Auch werden die dort eingeführten Bezugszeichen für die Figur 3 übernommen. Zusätzlich besitzt die Bauform der Figur 3 zu jedem das Medium M1 führenden Rohr 6 ein Außenrohr 24, dass in dem eingangsseitigen Rohrboden 13 (siehe Figur 1) befestigt ist. Zwischen dem Außenrohr 24 und dem jeweiligen Innenrohr 6 befindet sich ein überwachbarer

Leckageraum. Dadurch, dass der Rohrboden 13 für die Außenrohre 24 in geringem Abstand zum Rohrboden 11 für die Rohre 6 des Rohrbündels 5 angeordnet ist, kann über den Zwischenraum 25 zwischen den Rohrböden 11, 13 eine Leckageüberwachung durchgeführt werden. Hierzu ist der Zwischenraum 25 mit dem Leckageraum zwischen dem Rohr 6 für das Medium M1 und dem Außenrohr 24 verbunden. Die Leckageüberwachung ist nicht dargestellt.

Im Unterschied zu der Bauform der Figur 2 erstrecken sich die Einleitrohre 18 auch durch den zweiten Rohrboden 13 für die Außenrohre 24. Dementsprechend enden die Einleitrohre 18 auf der stromabwärtigen Seite 26 des zweiten Rohrbodens 13. Alle weiteren konstruktiven Merkmale sind identisch zu dem Ausführungsbeispiel der Figur 2.

Die Figur 4 zeigt einen weiteren Rohrbündelwärmetauscher 27 zum Stand der Technik. Der wesentliche Unterschied gegenüber dem Rohrbündelwärmetauscher der Figur 1 ist, dass der Rohrbündelwärmetauscher 27 eine Umlenkammer 28 in der Bildebene rechts besitzt, wobei der erste Einlass 3 und der erste Auslass 4 für das erste Medium M1 in der Bildebene links angeordnet sind. Das Gehäuse 2 ist zylindrisch. Dementsprechend ergibt sich hier ein kreisförmiges Rohrbild im Rohrboden 11. Der Rohrbündelwärmetauscher 27 ist wiederum als Doppelrohrsicherheitswärmeübertrager ausgebildet, sodass es auch jeweils einen zweiten Rohrboden 13 für die nicht näher dargestellten Außenrohre gibt. Das zweite Medium M2 strömt bei diesem Ausführungsbeispiel über den ersten Einlass 8 ein. Genau wie bei der ersten Bauform ist der erste Auslass 4 dem ersten Einlass 8 benachbart angeordnet. Lediglich der erste Einlass 3 ist entfernt von dem zweiten Auslass 9 angeordnet. Am einlassseitigen Ende in der Bildebene links befindet sich in einer Kammer 29 ein Trennblech 30, um das von unten zuströmende Medium M1 von dem oben abströmenden Medium M1 zu trennen.

Bei einem Rohrbündelwärmetauscher dieser Bauart - unabhängig davon ob er als Doppelrohrsicherheitswärmeübertrager oder als Einfachrohrwärmeübertrager ausgebildet ist - kann ein zusätzlicher Trennkörper 16 vorgesehen sein, wie es in den Ausführungsbeispielen der Figuren 5 und 7 dargestellt ist. Der Trennkörper 16 unterscheidet sich nicht von demjenigen des Ausführungsbeispiels der Figuren 2 und

3. Auch der Rohrboden 11 ist identisch konfiguriert. Allerdings ist das Kopfstück 32 anders konfiguriert. Das Medium M1 strömt über den ersten Einlass 3 in das Kopfstück 32 ein, durchströmt anschließend die Zuströmkammer 17, um in die einzelnen Einleitrohre 18 im Trennkörper 16 einzutreten. Das Medium M1 strömt nun in die Rohre 6 des Rohrbündels 5 ein. Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel der Figur 1 strömt das Medium M1 allerdings nur in eine erste Gruppe G1 von Rohren 6 ein. Das sind diejenigen Rohre 6, in welche die Einleitrohre 18 fassen. Sie bilden den Kern des Rohrbündels 5, bei welchem sämtliche Pfeile in P1 (Strömungsrichtung von M1) in der Bildebene von links nach rechts verlaufen. Die Rohre 6 der ersten Gruppe G1 münden in eine Umlenkammer wie sie in Figur 4 mit dem Bezugszeichen 28 bezeichnet ist. Dort ist ebenfalls ein Rohrboden 12 angeordnet, sodass das erste Medium M1 aus dem Kernbereich ausströmt und in diejenigen Rohre 6 geleitet wird, die die erste Gruppe G1 von Rohren 6 umgeben. Das ist die zweite Gruppe G2 von Rohren 6. Diese zweite Gruppe G2 befindet sich radial außerhalb der ersten Gruppe G1. Diese zweite Gruppe G2 umgibt soweit möglich die erste Gruppe G1 gewissermaßen umfangsseitig.

Die Figur 6 zeigt ein Beispiel eines Rohrfeldes in Blickrichtung auf die Stirnseite eines Rohrbodens 11. Die erste Gruppe G1 von Rohren 6 ist mit einem X gekennzeichnet. In diese Rohre 6 strömt das erste Medium M1 in die Bildebene hinein. Es wird hinter dem zweiten Rohrboden 12 umgelenkt und strömt über die Rohre 6 der zweiten Gruppe G2 wieder zurück. Diese Rohre 6 sind mit einem Punkt in der Mitte gekennzeichnet. Der Punkt verdeutlicht die entgegengesetzte Strömungsrichtung. Die Figur 6 zeigt ferner eine Hüllfläche 37 der ersten Gruppe G1. Die Hüllfläche 37 umgibt die erste Gruppe G1 von Rohren 6. Sie ist mit unterbrochener Linie eingezeichnet. Sie ist physikalisch nicht vorhanden, sondern bezeichnet lediglich eine Grenze zwischen der ersten Gruppe G1 und der zweiten Gruppe G2. Darüber hinaus ist anhand der Hüllfläche 37 zu erkennen, dass sie zu mehr als 50 % einer Hüllfläche der zweiten Gruppe G2 benachbart ist. Die innere Hüllfläche der zweiten Gruppe G2 entspricht der äußeren Hüllfläche 37 der inneren Gruppe G1. Sie liegen deckungsgleich übereinander. Daher sind die beiden Hüllflächen nicht nur teilweise benachbart, vielmehr umgibt die Hüllfläche der zweiten Gruppe G2 die Hüllfläche 37 der ersten Gruppe G1.

Das zurückströmende Medium M2 strömt aus den Rohren 6 der zweiten Gruppe G2 in eine Sammelkammer 33. Diese Sammelkammer 33 ist ringförmig konfiguriert. Alle Rohre 6 der äußeren bzw. zweiten Gruppe G2 münden in die Sammelkammer 33. Die Sammelkammer 33 im Kopfstück 32 ist an den ersten Auslass 4 für das Medium angeschlossen. In diesem Fall befindet sich der erste Auslass in der Bildebene oben. Ein Trennblech wie bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 4 ist nicht erforderlich. Der Trennkörper 16 trennt das zurückströmende Medium M1 von dem zuströmenden Medium. Zusätzlich befindet sich der Trennkörper 16 größtenteils innerhalb der Sammelkammer 33 und wird von dem zurückströmenden Medium M1 der in der Sammelkammer 33 umströmt. Gleichzeitig befindet sich dadurch auch der Ausgleichsraum 19 innerhalb der Sammelkammer 33. Der Ausgleichsraum 19 ist fluidleitend mit der Sammelkammer 33 verbunden. Sodass etwaige Leckageströme von dem Ausgleichsraum 19 in die Sammelkammer 33 übertreten können und auch über den ersten Ausgang 4 für das erste Medium M1 abströmen können.

Das Ausführungsbeispiel der Figur 7 unterscheidet sich von demjenigen der Figur 5 ausschließlich dadurch, dass ein zweiter Rohrboden 13 verbaut worden ist, der mit entsprechenden Außenrohren 24 verbunden ist. Im Übrigen wird auf die Beschreibung zu Figur 5 und die dort eingeführten Bezugszeichen bzw. auf die vorangegangene Beschreibung zu der Figur 3 verwiesen, die bereits ebenfalls die Bauform als Doppelrohrsicherheitswärmeübertrager zeigt. Der Rohrbündelwärmetauscher 34 gemäß Figur 7 ist insofern eine Kombination der Bauform der Figuren 5 und 3.

Die Figur 8 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel mit einem anders gestalteten Kopfstück 36. Bei diesem Ausführungsbeispiel liegt der erste Einlass 3 dem Trennkörper 16 nicht unmittelbar gegenüber. Der erste Einlass 3 befindet sich stirnseitig außermittig und im Wesentlichen in der unteren Hälfte des Kopfstückes 36. Der erste Einlass 3 führt über eine Zuleitung in die Zuströmkammer 17. Die Zuströmkammer 17 ist bei diesem Ausführungsbeispiel nicht zentrisch im Kopfstück 36, sondern exzentrisch angeordnet. Sie befindet sich überwiegend in der unteren Hälfte des Kopfstückes 36. Sie ist im Unterschied zu den anderen Ausführungsbeispielen auch nicht trichterförmig, sondern in dieser Schnittansicht

rechteckig und im Wesentlichen an das Rohrbild des Rohrbodens in Figur 9 angepasst.

Die Figur 9 zeigt das Kopfstück 36 in einer Ansicht auf die Zuströmkammer 17 aus Blickrichtung des Rohrbündels. Die Zuströmkammer 17 ist im Wesentlichen aus dieser Blickrichtung halbkreisförmig bzw. halbzyklindrisch konfiguriert mit gerundeten Ecken. Im unteren Bereich der Zuströmkammer 17 befindet sich der Zugang zum ersten Einlass 3. An die Sammelkammer 33 ist im oberen Bereich der Durchgang zum ersten Auslass 4 (Figur 8) angeschlossen. Die Sammelkammer 33 ist im Wesentlichen kreisrund und umgibt die Zuströmkammer 17 umfangseitig.

Die Figur 10 zeigt in einer Detaildarstellung den Trennkörper 16. Er wird in die Zuströmkammer 17 der Figur 9 eingesetzt. Die Zusammenbausituation ist in der Figur 8 gezeigt. In der Einbaulage ist der Trennkörper 16 umfangseitig fluiddicht mit der Zuströmkammer 17 verschweißt und verschließt diese gegenüber dem Sammelraum 33. In die einzelnen Durchgangsöffnungen 38 im Trennkörper 16 sind die Einleitrohre 18 eingesetzt, wie in Figur 8 zu erkennen ist.

Das Bohrmuster der Durchgangsöffnungen 38 im Trennkörper 16 entspricht dem Lochbild im Rohrboden 11 gemäß Figur 11. Wie bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 6 bezeichnen die mit X gekennzeichneten Rohre 6 die Rohre der ersten Gruppe G1. Die Figur 11 zeigt eine Hüllfläche 37 als Begrenzung zwischen der ersten Gruppe G1 und der zweiten Gruppe G2. Die innere Hüllfläche der zweiten Gruppe G2 ist identisch zur äußeren Hüllfläche 37 der ersten Gruppe G1. Der Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel der Figur 6 besteht darin, dass die erste Gruppe G1 gegenüber der zweiten Gruppe G2 zur Unterseite der Bildebene 11 versetzt angeordnet ist. Beim Einsatz von kryogenen Medien kann diese Anordnung der Rohre 6 bzw. die Platzierung der Gruppen G1, G2 von Vorteil sein.

Die erste Gruppe G1 von Rohren 6 befindet sich ganz überwiegend in der unteren Hälfte des Rohrbodens 11. Dieses Ausführungsbeispiel verdeutlicht, dass die zwei Gruppen G1, G2 von Rohren 6 nicht konzentrisch angeordnet sein müssen, dass aber mindestens auf den überwiegenden Umfangsbereich der ersten Gruppe G1 Rohre 6 der zweiten Gruppe G2 angeordnet sind. Sollte es aus Platzgründen nicht

möglich sein, seitliche Rohre 6 der zweiten Gruppe G2 neben den Rohren 6 der ersten Gruppe G1 anzuordnen, wie es beispielsweise in der Horizontalebene der Fall ist, bleiben diese Positionen im Rohrboden 11 frei. In diesem Fall ist der Abstand der Rohre 6 der ersten Gruppe G1 vom Rand des Rohrbodens 11, bzw. der Abstand von der Innenseite des einschließenden Gehäuses 2 größer als der Abstand der außenliegenden Rohre 6 der zweiten Gruppe G2 zum Gehäuse 2.

In einer nicht näher dargestellten Ausführungsform wäre es sogar möglich, bei dem Rohrbild der Figur 11 die beiden untersten Rohre noch der Gruppe G1 zuzuordnen, d.h. als Zuströmrohre zu verwenden. Auch in diesem Fall wären drei Seiten und damit der überwiegende Teil der Rohre 6 der ersten Gruppe G1 bezogen auf ihre gemeinsame Hüllfläche außenseitig von der zweiten Gruppe G2 umgeben.

Bezugszeichen:

- 1 - Rohrbündelwärmetauscher
- 2 - Gehäuse
- 3 - erster Einlass
- 4 - erster Auslass
- 5 - Rohrbündel
- 6 - Rohr von 5
- 7 - Strömungsraum
- 8 - zweiter Einlass
- 9 - zweiter Auslass
- 10 - Umlenkblech
- 11 - Rohrboden
- 12 - Rohrboden
- 13 - Rohrboden für Außenrohr
- 14 - Rohrboden für Außenrohr
- 15 - Rohrbündelwärmetauscher
- 16 - Trennkörper
- 17 - Zuströmkammer
- 18 - Einleitrohr
- 19 - Ausgleichsraum
- 20 - stromabwärtige Seite von 11
- 21 - stromaufwärtige Seite von 11
- 22 - Vorderseite von 16
- 23 - Rohrbündelwärmetauscher
- 24 - Außenrohr
- 25 - Zwischenraum zwischen 11 und 13
- 26 - stromabwärtige Seite von 13
- 27 - Rohrbündelwärmetauscher
- 28 - Umlenkkammer
- 29 - Kammer
- 30 - Trennblech
- 31 - Rohrbündelwärmetauscher

- 32 - Kopfstück
- 33 - Sammelkammer
- 34 - Rohrbündelwärmetauscher
- 35 - Kopfstück
- 36 - Kopfstück
- 37 - Hüllfläche von G1
- 38 - Durchgangsöffnung in 16

- G1 - erste Gruppe von Rohren 6
- G2 - zweite Gruppe von Rohren 6
- P1 - Pfeil
- M1 - erstes Medium
- M2 - zweites Medium

Patentansprüche

1. Rohrbündelwärmetauscher mit einem Rohrbündel (5) in einem Gehäuse (2), wobei das Gehäuse (2) einen ersten Einlass (3) und einen ersten Auslass (4) für ein erstes Medium (M1) zur Durchleitung durch das Rohrbündel (5) und einen zweiten Einlass (8) sowie einen zweiten Auslass (9) für ein zweites Medium (M2) zur Durchleitung durch einen das Rohrbündel (5) umgebenden Strömungsraum (7) innerhalb des Gehäuses (2) aufweist, wobei die Enden der Rohrbündel (5) in einem Rohrboden (11) angeordnet sind, welcher den Strömungsraum (7) für das zweite Medium (M2) von dem ersten Medium (M1) trennt, wobei zwischen dem ersten Einlass (3) und dem Rohrboden (11) ein Trennkörper (16) als Strömungsverteiler angeordnet ist, der ein Anströmen des Rohrbodens (11) durch das erste Medium (M1) verhindert und welcher Einleitrohre (18) aufweist, die einen Ausgleichsraum (19) zwischen dem Trennkörper (16) und dem Rohrboden (11) überbrücken und welche in die einzelnen Rohre (6) des Rohrbündels (5) ragen, um das erste Medium (M1) unter Umgehung des Rohrbodens (11) in die Rohre (6) zu leiten, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Einlass (3) an eine erste Gruppe (G1) von Rohren (6) des Rohrbündels (5) angeschlossen ist, wobei die erste Gruppe (G1) eine äußere Hüllfläche (37) besitzt, die überwiegend einer Hüllfläche einer zweiten Gruppe (G2) von Rohren (6) benachbart ist, die fluidleitend mit der ersten Gruppe (G1) von Rohren (6) verbunden ist und wobei an die zweite Gruppe (G2) von Rohren (6) der erste Auslass (4) angeschlossen ist.
2. Rohrbündelwärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einleitrohre (18) sich über mindestens die Hälfte einer Dicke des Rohrbodens (11) erstrecken, wobei die Dicke zwischen einer stromaufwärtigen Seite und einer stromabwärtigen Seite (20) des Rohrbodens (11) gemessen wird, bezogen auf die Strömungsrichtung des ersten Mediums (M1).
3. Rohrbündelwärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass er als Doppelrohrsicherheitswärmeübertrager ausgebildet ist, bei welchem die das erste Medium (M1) führende Rohre (6) jeweils in einem

Außenrohr (24) angeordnet sind, so dass zwischen dem inneren Rohr (6) und dem Außenrohr (24) ein überwachbarer Leckageraum angeordnet ist, wobei ein Rohrboden (13) für die Außenrohre (24) auf der stromabwärtigen Seite (20) des Rohrbodens (11) für die das erste Medium (M1) führenden Rohre (6) angeordnet ist.

4. Rohrbündelwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in Strömungsrichtung des ersten Mediums (M1) betrachtet hinter einem auslassseitigen Rohrboden (12) und dem ersten Auslass (4) ein weiterer Trennkörper als Strömungssammler angeordnet ist, welcher Ausleitrohre besitzt, die fluidleitend an die das erste Medium (M1) führenden Rohre (6) angeschlossen sind, um das erste Medium (M1) durch den auslassseitigen Rohrboden (12) und den Trennkörper zum ersten Ausgang (4) zu leiten.
5. Rohrbündelwärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem einlassseitigen Trennkörper (16) und dem einlassseitigen Rohrboden (11) eine Sammelkammer (33) angeordnet ist, in welche die zweite Gruppe (G2) von Rohren mündet, wobei an die Sammelkammer (33) der erste Ausgang (4) angeschlossen ist.
6. Rohrbündelwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Einleitrohre (18) längsverschieblich in den das erste Medium (M1) führenden Rohren (6) angeordnet sind, wobei ein etwaiger Leakagestrom in dem Ausgleichsraum (19) zwischen dem Trennkörper (16) und dem Rohrboden (11) auffangbar ist.
7. Rohrbündelwärmetauscher nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgleichsraum (19) fluidleitend mit der Sammelkammer (33) verbunden ist.
8. Rohrbündelwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Einleitrohre (18) den Trennkörper (16) vollständig durchsetzen und eingangsseitig mit dem Trennkörper (16) verbunden sind.

9. Rohrbündelwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Einlass (3) in eine Zuströmkammer (17) mündet.