



(10) **DE 10 2012 004 317 B4** 2015.09.03

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 004 317.1**
(22) Anmeldetag: **07.03.2012**
(43) Offenlegungstag: **12.09.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **03.09.2015**

(51) Int Cl.: **G01N 25/20 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Karlsruher Institut für Technologie, 76131
Karlsruhe, DE**

(74) Vertreter:
**VOSSIUS & PARTNER Patentanwälte
Rechtsanwälte mbB, 81675 München, DE**

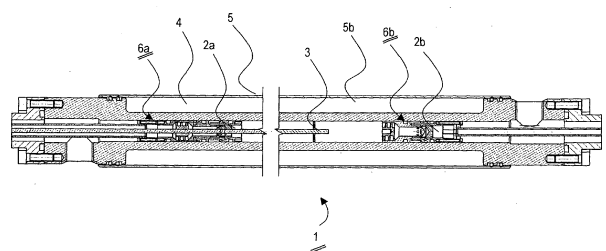
(72) Erfinder:
**Schröder, Elisabeth, Dr.-Ing., 76467 Bietigheim,
DE; Thomauske, Klaus, 76689 Karlsdorf-
Neuthard, DE; Schmalzbauer, Jens, 76857
Gossersweiler-Stein, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	43 35 332	A1
US	6 354 150	B1
US	7 752 910	B2
US	2009 / 0 016 403	A1

(54) Bezeichnung: **Fluidkalorimeter**

(57) Hauptanspruch: Fluidkalorimeter mit Fluidtemperaturfassungsmitteln, die zur Messung an jeweils mehreren Stellen stromaufwärts und stromabwärts einer Fluidheizung angeordnet sind, und einer Fluidleitung dazwischen, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Mischer für eine Fluidvergleichmäßigung vor Temperaturmessung vorgesehen und die Fluidleitung aus Material geringer Wärmeleitung gebildet ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das oberbegrifflich Beanspruchte und bezieht sich somit auf Fluidkalorimeter.

[0002] In vielen Anwendungen ist es erforderlich, physikalische Eigenschaften der verwendeten Medien zu kennen. Zu den wichtigen Größen, die etwa in der technischen Thermodynamik, der thermischen Verfahrenstechnik sowie der Kraftwerkstechnik für den optimalen Betrieb einer Anlage benötigt werden, gehört die mit Fluidkalorimetern messbare Wärmekapazität. Die Wärmekapazität gibt an, wie stark sich bei Energiezufuhr die Temperatur einer bestimmten Menge eines Mediums ändert. Die Wärmekapazität hängt von vielen Größen ab; bei Wasser ändert sie sich z. B. schon dann, wenn darin Salze oder Gase gelöst sind. Die für den optimalen Betrieb einer Anlage erforderlichen Kenngrößen sind oftmals nicht ohne weiteres aus der Literatur verfügbar, insbesondere dann nicht, wenn die Zusammensetzung des Mediums variieren kann oder unbekannt ist.

[0003] Es sind daher Messungen erforderlich. Eine präzise Messung der physikalischen Kenngrößen sollte so erfolgen, dass das zu untersuchende Medium durch die Messung möglichst wenig verändert wird. Kritisch sind vor allem mehrphasige Medien, in welchen unterschiedliche Substanzen, z. T. in wechselnder Zusammensetzung oder mit hohen Konzentrationen gelöst sind. Wird hier durch die Messung die Temperatur verändert, das Fluid entspannt oder dergleichen, können Gase entweichen, sich die Löslichkeit gelöster Salze verringern, was die zu messenden physikalischen Eigenschaften des zu untersuchenden Mediums ändert.

[0004] Es ist daher wünschenswert, insbesondere dort, wo zu untersuchende Fluide aggressiv und/oder mehrphasig sind, Messungen – möglichst in Echtzeit – so durchführen zu können, dass bei der Messung praktisch der gleiche Druck und die gleiche Temperatur herrschen wie in der das Medium verwendenden Anlage selbst.

[0005] Herkömmliche Fluidkalorimeter sind dafür nur bedingt geeignet.

[0006] Prinzipiell strömt bei einem Fluidkalorimeter das Fluid an zwei voneinander beabstandeten Temperaturmessstellen vorbei, zwischen welchen das Fluid durch eine elektrische Heizung erwärmt wird. Sind die zugeführte Wärmemenge und der Massestrom des Mediums, d. h. die durch das Kalorimeter strömende Fluidmenge bekannt, kann aus dem Temperaturanstieg zwischen den beiden Temperaturmessstellen die Wärmekapazität des Mediums berechnet werden.

[0007] Derartige Fluidkalorimeter sind beispielsweise beschrieben in dem Aufsatz: „A new flow calorimeter for the measurement of the isobaric enthalpy increment and the isenthalpic Joule-Thomson effect. Results for methane and (methane + ethane)“ von C. Day et al, J. Chem. Thermodynamics 1997, 29, 949–971. Die dort gezeigte Anordnung dient insbesondere zu Messungen an Gasen.

[0008] Eine Durchflussmesszelle zur Konzentrationsmessung aus Temperaturveränderungen ist aus der DE 100 42 568 C2 bekannt. Dort wird ausgeführt, dass man die Konzentration miteinander reagierender Stoffe bei bekannten Volumen bestimmen kann, indem man die bei der Umsetzung auftretende Temperaturdifferenz ermittelt.

[0009] Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Analyse von Flüssigkeiten durch mikrokalorimetrisches Messen des Wärmeflusses der Flüssigkeit ist bekannt aus der DE 1 913 719. Es wird angegeben, dass ein Durchströmungsrohr mit einem isolierten Wärmestrahlschutz in guter wärmeableitender Berührung stehen soll.

[0010] Ein weiteres Fluidkalorimeter ist bekannt aus: „A precision differential flow calorimeter. The excess enthalpy of benzene and cyclohexane between 280.15 and 393.15 K“ von K. Elliot and Ch. J. Wormald, J. Chem. Thermodynamics, 1976, 8, 881–893.

[0011] Ein weiteres Fluidkalorimeter ist bekannt aus dem Aufsatz: „Flow calorimeter for the accurate determination of the isobaric heat capacity at high pressures; results for carbon dioxide“ von G. Ernst, G. Maurer und E. Wiederuh, J. Chem. Thermodynamics, 1989, 21, 53–65. Darin wird ausgeführt, dass Wärmeverlust durch Ableitung durch Anordnung des Kalorimeters in einer Vakuumschicht und Verwendung von Röhren und Drähten zu den Heizelementen und den Thermometern von geringer thermischer Leitfähigkeit verwendet wurden. Für das fluidleitende Rohr wird eine Legierung aus Kobalt, Aluminium und Titan vorgeschlagen, die den hohen Drücken widerstehen soll.

[0012] In der DE 43 35 332 A1 wird eine Anordnung vorgeschlagen, bei welcher mehrere Temperatursensoren längs eines Fluidrohres angeordnet sind und mit mehreren Temperatursensoren das sich bei Aufheizen des fluiddurchströmten Rohres ergebende Temperatur-Profil bestimmt wird. So sollen angeblich auch sehr langsame Strömungsgeschwindigkeiten zu messen sein.

[0013] Aus der US 2009/0016403 A1 und der US 7 752 910 B2 sind mikroelektrische mechanische Anordnungen (MEMS) bekannt, in denen Temperatursensoren und Heizer integral gefertigt sind.

[0014] Die US 6,354,150 B1 befasst sich mit der Frage, wie externe Sensoren auf günstige Weise für eine Kapillar-Röhre vorgesehen werden können.

[0015] Fluidkalorimeter werden u. a. auch in den Aufsätzen „An apparatus for measuring the upper critical solution temperature using the effluent from a flow calorimeter: application to mixtures of acetonitrile with cyclohexane, propane and butane“, von M. S. Gruskiewicz, J. B. Ott und J. T. Sipowska, *Thermochimica Acta* 245 (1994), 155–161, und „Flow calorimeter for measuring enthalpy changes during the partial vaporization of mixtures“ von Y.-Q. Liu and G. Maurer, *J. Chem. Thermodynamics* 1992, 24, 1109–1118, sowie dem Aufsatz: „High-pressure isobaric heat capacities using a new flow calorimeter“ von J. J. Segovia, D. Vega-Maza, C. R. Chamorro, M. C. Martin, aus *J. of Supercritical Fluids* 46 (2008), 258–264, und der Dissertation von Heinrich Wirbser an der Fakultät für Maschinenbau der Universität Karlsruhe, mit dem Titel „Hochdruck-Strömungskalorimetrie: Spezifische Wärmekapazität C und differentieller Joule-Thomson-Koeffizient halogenierter Kohlenwasserstoffe“ beschrieben, sowie in dem Artikel „Nearcritical measurements of enthalpy increments for benzene: a new flow calorimeter for the measurement of near-critical enthalpy increments“ von C. J. Wormald, *J. Chem. Thermodynamics* 2000, 32, 1707–1725, sowie dem Aufsatz „A new flow calorimeter for the determination of the isobaric heat capacity of vapors“ von Y. Wu, Q. Yu, H. Zhong, R. Lin, *Thermochimica Acta* 245 (1995), 93–101.

[0016] Für die technische Thermodynamik ist es sinnvoll, Fluidkalorimeter so auszulegen, dass sie auch bei aggressiven, mehrphasigen und gegebenenfalls ausfallende Substanzen enthaltenden Fluiden zuverlässig präzise Messungen erlauben, insbesondere in zumindest nahezu Echtzeit stattfindenden Messungen, die gegebenenfalls an unterschiedlichen Anlagen temporär und mobil durchgeführt werden können.

[0017] Wünschenswert ist es insbesondere, die spezifische, isobare Wärmekapazität bei konstantem Druck für unbekannte Fluide in verfahrenstechnischen Anlagen im laufenden Betrieb bei aktuell vorherrschenden Betriebsbedingungen ohne Probenahme in Echtzeit durchführen zu können. Es wäre vorteilhaft, diesem Wunsch zumindest partiell genügen zu können.

[0018] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Neues für die gewerbliche Anwendung bereitzustellen. Die Lösung dieser Aufgabe wird in unabhängiger Form beansprucht.

[0019] Ein Grundgedanke der Erfindung ist somit in der Erkenntnis zu sehen, dass die im Vergleich zum Stand der Technik sehr geringe Wärmeleitfähigkeit

erhebliche Vorteile bietet. So ist zunächst der Wärmetransport von der Heizung zu den Temperatursmessstellen über Bauteile wesentlich verringert. Dieser Wärmetransport ist unerwünscht, weil er die Messwerte verfälscht; per se soll die Wärme der Heizung nämlich nur in das zu untersuchende Fluid gelangen, dieses gleichmäßig erwärmen und mit diesem zu der stromabwärtigen Temperatursmessstelle gelangen. Strömt dagegen Wärme über die Bauteile vom Heizelement zu den fluideingangsseitigen Temperatursmessstellen, so erscheint die Eintrittstemperatur des zu messenden Fluids zu hoch; die durch die Heizung bewirkte Temperaturerhöhung des Fluids auf der Austrittsseite scheint dagegen zu niedrig. Umgekehrt führt Wärme, die über das Kalorimeter vom Heizelement zu den fluidausgangsseitigen Messstellen strömt, zu einer zu hoch erscheinenden Temperaturdifferenz des Mediums. Beide Effekte verfälschen daher die zu bestimmende Wärmekapazität; im Stand der Technik sind aufwendig konstruierte Strahlungsschutzschirme erforderlich und auch die Konstruktion der Heizelemente muss so gewählt werden, dass die beschriebenen Effekte minimiert werden. Die vorliegende Erfindung schafft dagegen die Möglichkeit, bereits durch die geringe Wärmeleitung der Fluidleitung den Wärmetransfer selbst dann gering zu halten, wenn keine zusätzlichen oder nur vergleichsweise geringe Abschirmmaßnahmen vorgenommen werden. Überdies erlaubt die vorliegende Erfindung auch Ausbildungen des Heizelementes, die einen besonders gleichmäßigen Wärmetransfer in das Fluid erlauben. So kann etwa das Heizelement als langgestrecktes Element im Fluidrohr ausgebildet sein.

[0020] Erwähnt sei aber, dass zugleich ungeachtet der geringen Wärmeleitung des fluidführenden Rohres gleichwohl zusätzliche wärmeisolierende oder -dämmende Maßnahmen vorgenommen werden können. So kann etwa die Fluidleitung, gegebenenfalls mit anderen Elementen des Kalorimeters, in einem Vakuummantel umschlossen werden und/oder es können unter anderem – gegebenenfalls konstruktiv vereinfachte – Strahlungsschirme vorgesehen werden usw., ohne dass damit von der Erfindung abgewichen wird. Vielmehr werden einsichtigerweise auch in solchen Fällen besondere Vorteile durch die Erfindung zu erzielen sein.

[0021] Es ist vorteilhaft, wenn die Fluidleitung als Kunststoffrohr ausgeführt ist. Dieses kostengünstige Material ist zugleich kostengünstig zu verarbeiten, was einen häufigen und problemfreien Wechsel des Fluidrohres etwa nach Kontamination, der Bildung von Ablagerungen oder dem Angriff durch aggressive Fluide ermöglicht. Überdies sind Kunststoffe mit geringer Wärmeleitung ohne weiteres verfügbar. Als besonders vorteilhaft haben sich Fluidleitungen aus PEEK erwiesen. Daneben sind aber auch andere Kunststoffe wie PVC, PTFE usw. verwendbar. Die

Verwendung von hochtemperaturbeständigen Kunststoffen erlaubt die Messung an Fluiden auch bei hoher Eintrittstemperatur, was dem erfindungsgemäßen Fluidkalorimeter ein breites Einsatzspektrum eröffnet.

[0022] Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn bei einem Fluidkalorimeter vorgesehen ist, dass die Fluidleitung eine Wärmeleitung geringer als 0,7 W/K m, insbesondere bevorzugt unter 0,5 W/K m aufweist, insbesondere um 0,25 W/K m oder darunter. Diese Werte sorgen für eine noch ausreichend geringe Wärmeleitung selbst dann, wenn das Fluidleitungsrohr eine so dicke Wandung aufweist, wie insbesondere erforderlich ist, um sogar unter hohem Druck stehende Fluide ohne Entspannung messen zu können.

[0023] In einer besonders bevorzugten Variante der Erfindung sind im Fluidkalorimeter bevorzugt zwei Mischer vorgesehen. Dabei dienen die Mischer vorliegend im Fluidkalorimeter der Vermischung des Fluids vor der Erfassung der Temperaturen, um lokale Unterschiede der Temperatur über den Fluidquerschnitt, die sowohl stromaufwärts der Fluidheizung wie auch stromabwärts der Fluidheizung zu Messfehlern führen können, zu egalisieren. Dies führt zu wesentlich verbesserten Messergebnissen.

[0024] In einer besonders bevorzugten Variante des Fluidkalorimeters ist zumindest ein Mischer, bevorzugt beide Mischer so aufgebaut, dass zunächst für den Fall des Vorliegens einer Schichtung in laminarer Strömung eine Schichtumkehr vorgenommen wird. Dies hat den Vorteil, dass insoweit, als eine solche Schichtung vorliegt und ihre Ursache in unterschiedlichen Dichten liegt, eine Umkehr der Schichtung erreicht wird. Diese Schichtumkehr kann unter vollständiger oder partieller Verwirbelung, das heißt unter Störung des laminaren Flusses besonders effektiv erreicht werden, wozu das Fluid zunächst in eine Drallführungsstruktur eintritt. Die Länge der Drallführung ist so bemessen, dass Ein- und Austrittsöffnungen relativ zum Rohrquerschnitt diametral vertauscht sind. Dadurch wird im Fall des Vorliegens einer dichtebedingten Schichtung eine Schichtumkehr erreicht und eine selbsttätige Verwirbelung begünstigt. Es ist möglich und bevorzugt, dass das Fluid zugleich durch die Drallführung von diametral außen nach diametral innen, gegebenenfalls umgekehrt, das heißt von außen nach innen geführt wird, was die Nachschaltung weiterer Einbauten erleichtert. Möglich ist, dass entweder die Drallführung nur einen Fluidkanal aufweist oder dass mehrere separate Fluidkanäle vorgesehen sind, die jeweils separate Eintritte aufweisen können und von welchen das Fluid bis zu einer Zusammenführung in getrennten Kanälen geführt wird, die sich zum Beispiel nach Art einer Doppelhelix um eine zentrale Achse, typisch die Rohrachse, winden. Dies hat bereits beim Eintritt in die Drallführung den Vorteil, dass die laminare Strömung gestört wird.

[0025] Der Drallführung nachgeordnet ist in einer bevorzugten Variante eine Radialführungsstruktur, mit welcher Fluid von radial innen nach radial außen geführt wird, bevorzugt durch Öffnungen, die eng genug sind, um eine eventuell noch gegebene laminare Strömung bei den gewünschten Strömungsgeschwindigkeiten zumindest erheblich zu stören. In der Radialführungsstruktur kann zugleich, was Baulänge spart, das Fluid um eine zur Rohrachse koaxiale, zylinderartige Trennwand ein Stück weit zurückgeführt werden. Aufgrund der dadurch zugleich bewirkten Beschränkung des der Strömung effektiv zur Verfügung stehenden Querschnittes wird hier die Ausbildung einer turbulenten Strömung begünstigt und so eine Vergleichmäßigung der Fluidtemperatur insbesondere über den Querschnitt erreicht.

[0026] Hinter der Radialführung kann das Fluid dann durch bevorzugt enge Öffnungen in eine erweiterte Kammer strömen. Bevorzugt ist, dass diese Öffnungen das Fluid in die Mitte der Kammer leiten, insbesondere strahlartig. Dann kann durch die insoweit bevorzugte Anordnung einer Prallplatte im Ausströmungsbereich eine weitere Verwirbelung erzielt werden. Es sei erwähnt, dass hier nicht nur eine Vergleichmäßigung über den Querschnitt, sondern zumindest partiell auch eine zeitliche Mittelung früher oder später zuströmender Fluidvolumina erfolgt.

[0027] Durch Anordnung der Temperatursensoren im Zentralbereich vor der Prallplatte wird eine Messung in einem (Zentral-)Bereich ermöglicht, in der das Fluid sehr gleichmäßig ist.

[0028] Bei Verwendung des Mixers in einem Fluidkalorimeter werden demnach bevorzugt hier die Temperatursensoren angeordnet, wobei dann, wenn mit diesen an unterschiedlichen Messstellen innerhalb des vermischten Fluids noch unterschiedliche Temperaturen erfasst werden, Korrekturen an der Anordnung vorgenommen werden können, zum Beispiel durch Verschieben der Gesamtanordnung. Dies verbessert die Verwirbelungswirkung weiter.

[0029] Die Verwendung einer Prallplatte hat den Vorteil, dass damit eine gute Verwirbelung selbst dann noch erreichbar ist, wenn sie mit einem Spalt zusammenwirkt, der eine Größe hat, die sogar im Fluid mittransportiertes, partikuläres Material noch gut passieren lässt. Prinzipiell sind, sofern derartiges Material nicht erwartet wird, wie in der Prozesstechnik mit hochreinen Fluiden, andernfalls aber auch Fritten oder dergleichen anstelle von oder zusätzlich zu Prallplatten verwendbar.

[0030] Die Verwendung eines zentralen Mischbereiches hat zudem die erwünschte Folge, dass die Fluid-Ableitung nach außen mit radialsymmetrischen Strukturen erfolgen kann, so dass das gleichmäßige Fluid nicht durch unterschiedlichen Kontakt mit

der Anordnung unterschiedlich erwärmt oder abgekühlt wird. Es bleibt also eine gleichmäßige Temperaturverteilung weitgehend erhalten.

[0031] Der so aufgebaute Mischer ist in der Lage, bei vergleichsweise geringem Strömungswiderstand und damit geringem Druckverlust, niedrigem Energieaufwand bzw. geringer zusätzlicher Erwärmung, eine Vergleichmäßigung über den Fluidquerschnitt zu erzielen. Dies bietet im Fluidkalorimeter den Vorteil, dass sich durch den Mischer allenfalls eine vernachlässigbare zusätzliche Erwärmung ergibt, was für die Vermischung stromabwärts der Heizung von Bedeutung ist, während bei anderen Anwendungen wie in prozesstechnischen Anlagen der Energieaufwand für den Mischerbetrieb gering ist. Durch die in unterschiedliche Richtungen und an mehreren Stellen hintereinander erfolgende Durchmischung wird eine sehr homogene Fluidströmung erreicht, was es auch erlaubt, das Fluidkalorimeter unter Feldbedingungen einzusetzen.

[0032] Es sei offenbart, dass, während die Mischer vorliegend der Vergleichmäßigung der Fluidtemperaturen über den Fluidquerschnitt dienen, andere Anwendungen für die Mischer möglich sind. So bietet der offenbarte Mischer immer dann Vorteile, wenn ungeachtet eines ganz oder partiell laminaren Flusses eine Homogenisierung über den Strömungsquerschnitt angestrebt wird. Dies kann beispielsweise auch in Anlagen der herkömmlichen Verfahrenstechnik der Fall sein, wo eine Vergleichmäßigung der Konzentration von im Fluid gelösten Substanzen über den Querschnitt gewünscht ist und/oder zwei oder mehr Fluide gleichmäßig miteinander gemischt werden sollen. Prinzipiell kann damit der Einsatz des Mischers insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, immer dann als vorteilhaft angesehen werden, wenn eine laminare Strömung vorliegt und Temperatur- oder Konzentrationsfluktuationen zumindest verringert werden sollen.

[0033] Dass bei prozesstechnischen Anlagen gegebenenfalls eine gewünschte Vergleichmäßigung ebenfalls im Zentralbereich durch geeignete Sensoren nachweisbar und/oder kontrollierbar ist, sei erwähnt. Hier kann gegebenenfalls sogar ausgenutzt werden, wenn eine initiale Temperaturdifferenz zu mischender Fluide besteht, um eine Messung mittels Temperatursensoren vorzunehmen.

[0034] Es sei daher explizit darauf hingewiesen, dass der Mischer eine separat von seinem Einsatz im Fluidkalorimeter der vorliegenden Erfindung einsetzbare Vorrichtung darstellt, die für sich genommen als erfinderisch angesehen wird. Es bleibt vorbehalten, hierauf Teilanmeldungen zu richten.

[0035] Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn bei einem Fluidkalorimeter vorgesehen ist, dass die Fluidtem-

peraturerfassungsmittel und/oder die Fluidheizung und/oder eine oder mehrere im Fluidkalorimeter vorgesehene Mischkammern in der Fluidleitung beweglich sind, bevorzugt axial verschieblich. Es können alternativ und/oder zusätzlich die Temperatursensoren während der Messung beweglich sein, insbesondere sowohl stromaufwärts als auch stromabwärts der Fluidheizung.

[0036] Die axiale Verschieblichkeit der Komponenten trägt mit dazu bei, eventuell vorhandene systematische Messfehler zu minimieren. So kann durch Verschiebung der Fluidheizung der vorstehend beschriebene Effekt auf die Temperatursensoren durch Wärmeleitung über die Gerätekomponenten verändert und damit erfasst werden.

[0037] Durch Verlagerung der Temperatursensoren in der Fluidleitung und/oder Vergleich von Temperatursensoren, die an unterschiedlichen Stellen fluidstromaufwärts der Fluidheizung bzw. unterschiedlichen Stellen fluidstromabwärts der Fluidheizung die Fluidtemperatur erfassen, kann verhindert werden, dass Messfehler durch räumliche Temperaturvariationen im Strömungsverlauf des Fluids auftreten. Diese räumlichen Temperaturvariationen können besonders bei laminarer Durchströmung des Kalorimeters zu Messfehlern führen.

[0038] Indem die an verschiedenen Stellen fluidstromaufwärts des Heizelementes gemessenen Temperaturen miteinander verglichen werden, können systematische Unterschiede erfasst werden, wie sie durch ungenügende Kalibrationsgenauigkeit oder strömungsbedingte Effekte verursacht werden können. Durch Bewegung der Sensoren an unterschiedlichen Stellen können diese Effekte zum Teil sogar unterschieden werden. Es sei darauf hingewiesen, dass die entsprechende Auswertung mittels einer geeigneten Auswerteschaltung möglich ist. Diese kann auf unterschiedliche Linearitäten reagieren, das heißt feststellen, ob sich eine Abweichung der erfassten Temperaturen zwischen verschiedenen Sensoren bei bestimmten Temperaturen oder bestimmten Heizleistungen systematisch ändert. Sie kann auf Veränderungen an einem oder allen Sensoren ansprechen, wenn das Fluidheizungselement verschoben wird und/oder es kann erfasst werden, ob ein Unterschied zwischen Sensoren stromaufwärts der Heizung bzw. ein Unterschied zwischen Sensoren stromabwärts der Heizung sich mit Neupositionierung einzelner Temperatursensoren ändert, was für räumliche Temperaturvariationen im in der Fluidleitung geführten Fluid spricht. Es sei erwähnt, dass auf das Erfassen einzelner oder aller derartigen Effekte von der Auswerteschaltung hin effektindikative Signale erzeugt werden können. So kann etwa ein Warnton erzeugt werden, um darauf hinzuweisen, dass zwischen den Temperatursensoren auf einer Seite der Fluidheizung übergroße Temperaturdif-

ferenzen beobachtet werden. Es ist daher weiterhin vorteilhaft, wenn bei einem Fluidkalorimeter vorgesehen ist, dass dem Fluidtemperaturerfassungsmittel eine Auswerteeinheit zugeordnet ist, um jeweilige Unterschiede der an mehreren Stellen stromaufwärts oder mehreren Stellen stromabwärts der Heizung vorgenommenen Einzelmessungen zu detektieren.

[0039] Überdies ist es möglich und bevorzugt, insbesondere bei hinreichend übereinstimmenden Werten eine Mittelung vorzunehmen, was unter anderem das Signal-Rauschverhalten verbessert. Dies gilt einsichtigerweise für die fluidheizungsstromabwärtigen wie für fluidheizungsstromaufwärtige Messungen; dass es vorteilhaft ist, wenn sowohl stromaufwärts wie auch stromabwärts der Fluidheizung jeweils an mehreren Stellen die Temperatur erfasst wird, sei erwähnt. Allerdings ist es keinesfalls zwingend, bei Vorsehen mehrerer Temperaturmessstellen auf einer Strömungsseite der Fluidheizung auch auf der anderen Strömungsseite der Fluidheizung mehrere Temperaturmessstellen vorzusehen.

[0040] Weiter sei erwähnt, dass einige der beschriebenen Effekte durch das Anordnen geeigneter Mischkammern in der Fluidströmung reduziert werden können. Durch per se bekannte Mischkammern soll eine Durchmischung der zu untersuchenden Fluide dergestalt bewirkt werden, dass im Fluidquerschnitt vorhandene räumliche Temperaturvariationen sich weniger stark oder gar nicht am Ort der Temperatursensoren auswirken. Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn bei einem erfindungsgemäßen Fluidkalorimeter vorgesehen ist, dass stromaufwärts der Temperatursensoren eine Mischkammer vorgesehen ist bzw. sich die Temperatursensoren darin befinden, insbesondere jeweils eine Mischkammer für die Temperatursensorgruppe stromaufwärts und eine Mischkammer für die Temperatursensorgruppe stromabwärts der Fluidheizung. Mischkammern sind also sowohl stromaufwärts der Fluidheizung wie auch stromabwärts der Fluidheizung sinnvoll. Dass Mischkammern ebenfalls zu Messfehlern beitragen können, weil die darin bewirkte turbulente Bewegung zu einer zusätzlichen Erwärmung führt, sei aber erwähnt. Durch variable Positionierung der Mischkammern relativ zur Fluidheizung und/oder zu den Temperatursensoren bzw. der Temperatursensoren in den Mischkammern lassen sich die durch die Mischkammer bewirkten Einflüsse besonders gut erfassen. Die bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung mit im Rohr verschieblichen, die Mischkammern aufweisenden Mischern ist daher vorteilhaft.

[0041] Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn bei einem Fluidkalorimeter vorgesehen ist, dass die Fluidtemperaturerfassungsmittel eine Vielzahl von Temperatursensoren umfassen, mit denen an mehreren Stellen simultan gemessen werden kann, insbesondere

zumindest drei am Fluidrohreingang, das heißt stromaufwärts der Heizung, und/oder drei am Fluidrohrausgang, das heißt stromabwärts der Heizung, insbesondere bevorzugt jeweils mindestens vier. Auf diese Weise kann ohne Bewegung und somit instantan auf eine ungleichmäßige Temperaturverteilung reagiert werden, insbesondere auf zeitliche Schwankungen einer räumlichen Temperaturverteilung. Zudem lassen sich Ausfälle einzelner Sensoren gegebenenfalls kompensieren, das heißt es kann ein Betrieb gegebenenfalls mit verringerter Auflösung und/oder Genauigkeit selbst nach Ausfall einzelner Sensoren noch gewährleistet werden. Dies ist bei besonders aggressiven Medien usw. von Vorteil.

[0042] Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn bei einem Fluidkalorimeter vorgesehen ist, dass die Fluidleitung ohne weiteres austauschbar ist. Dies ist immer dann von besonderem Vorteil, wenn an chemisch besonders aggressiven oder abrasiven Medien gemessen werden soll, wenn Ablagerungen zu befürchten sind oder dergleichen. Der Austausch wird begünstigt, wenn die Formgebung des Fluidleitungsrohres einfach ist.

[0043] Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn bei einem erfindungsgemäßen Fluidkalorimeter Mittel zur Massestrombestimmung vorhanden sind. Auf diese Weise ist auch diese für die Bestimmung der Wärmekapazität erforderliche Größe mit dem Fluidkalorimeter sofort erfassbar.

[0044] Schutz wird auch beansprucht für die Verwendung eines Fluidkalorimeters als mobiles Fluidkalorimeter, insbesondere zur Verwendung in Geothermieanlagen und/oder verfahrenstechnischen Anlagen und/oder im Bypass und/oder zur Messung von aggressiven und/oder in der Zusammensetzung variierenden Fluiden, insbesondere Fluiden, aus denen Bestandteile ausgasen und/oder ausfallen können.

[0045] Die Erfindung wird im Folgenden nur beispielsweise anhand der Zeichnung beschrieben. In dieser ist dargestellt durch:

[0046] Fig. 1 ein Schnitt durch den zentralen Teil eines Fluidkalorimeters der vorliegenden Erfindung;

[0047] Fig. 2 eine perspektivische Darstellung eines Fluidkalorimeters der vorliegenden Erfindung mit Verschiebeeinheiten;

[0048] Fig. 3 eine Detailansicht des Mischers der vorliegenden Erfindung;

[0049] Fig. 4a, b Verschiebeeinheiten für die Verschiebung von Temperatursensoren, Heizelement und Mischkammern im Fluidleitungsrohr des erfindungsgemäßen Fluidkalorimeters;

[0050] Fig. 5 ein Querschnitt durch die Fluidleitung.

[0051] Nach Fig. 1 umfasst ein allgemein mit **1** bezeichnetes Fluidkalorimeter **1** mit Fluidtemperaturerfassungsmitteln **2** stromauf- und stromabwärts eine Fluidheizung **3** und eine Fluidleitung **4** dazwischen, wobei vorgesehen ist, dass die Fluidleitung aus Material geringer Wärmeleitung und die Fluidtemperaturerfassungsmittel **2a, b** zur Messung an jeweils mehreren Stellen stromauf- (**2a**) und stromabwärts (**2b**) der Fluidheizung **3** ausgebildet sind.

[0052] Das Fluidkalorimeter **1** der vorliegenden Erfindung wird im in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel von links angeströmt; die fluidheizungsstromabwärtige Seite ist somit rechts gelegen.

[0053] In Fig. 2 und Fig. 5 ist erkennbar, dass für das ein- und ausströmende Fluid Fluid-Anschlussstutzen **7a, 7b** vorgesehen sind, über welche unter Druck stehendes, heißes Fluid zugeführt werden kann.

[0054] Das Fluidkalorimeter **1** der vorliegenden Erfindung umfasst weiter einen in Fig. 1 dargestellten Vakuummantel **5** um die Fluidleitung **4** herum; in Fig. 2 ist der dort nach hinten weisende Pumpen-Anschlussstutzen **5a** zum Evakuieren des Vakuummantels dargestellt. Der Vakuummantel umschließt ein isolierendes Vakuum **5b** um das Fluidleitungsrohr **4**.

[0055] Es sind weiter am Fluidkalorimeter **1** Fluid-Mischer **6** vorgesehen, die dazu dienen, die Fluidströmung vor dem Passieren der Temperatursensoren zu homogenisieren, das heißt die durch unterschiedliche Teile des Querschnitts strömenden Teile miteinander zu durchmischen.

[0056] Die Fluidmischer **6** werden nachfolgend mit Bezug auf Fig. 3 beschrieben. Dabei sei betont, dass ungeachtet der hier gegebenen Bezugnahme der Verwendung des Fluidmischer **6** mit Kalorimetern andere Einsatzgebiete für den Fluidmischer möglich sind. Der Fluidmischer **6** wird für sich als erfinderisch angesehen.

[0057] In Fig. 3 wird ein allgemein mit **6** bezeichneter Fluidmischer **6** entsprechend der die Fluidströmung andeutenden Pfeile angeströmt.

[0058] Der Fluidmischer **6** ist dabei so aufgebaut, dass zunächst für den Fall des Vorliegens einer Schichtung in laminarer Strömung eine Schichtumkehr vorgenommen wird, wozu das Fluid zunächst in eine Drallführungsstruktur **601** eintritt. Diese hat im dargestellten Ausführungsbeispiel, ohne dass das zwingend wäre, einen einzigen Führungskanal, in den das gesamte Fluid durch eine Eintrittsöffnung **602** eintritt. Das Fluid durchfließt einen sich um die Rohrachse **603** windenden Fluidkanal und mündet

so, dass die Position der Austrittsöffnung **604** relativ zum Rohrquerschnitt diametral vertauscht ist, damit im Fall des Vorliegens einer dichtebedingten Schichtung eine Schichtungsumkehr erreicht und eine selbsttätige Verwirbelung begünstigt wird. Hinter der Austrittsöffnung **604** verjüngt sich die Fluidführung und das Fluid strömt zentral auf eine Radialführung **605** zu.

[0059] Die der Drallführungsstruktur **601** nachgeordnete Radialführungsstruktur **605** ist so angeordnet, dass wieder Fluid von radial innen nach radial außen durchgeführt wird, und zwar durch enge Öffnungen **606**, die äquidistant um den Umfang angeordnet und so eng genug sind, dass eine eventuell noch gegebene laminare Strömung bei den gewünschten Strömungsgeschwindigkeiten zumindest erheblich gestört wird.

[0060] In der Radialführungsstruktur **605** ist eine zur Rohrachse **603** koaxiale zylinderartige Trennwand **606a** ein Stück weit zurückgeführt, vergleiche **606b**.

[0061] Aufgrund der dadurch zugleich bewirkten Beschränkung des der Strömung effektiv zur Verfügung stehenden Querschnittes wird hier die Ausbildung einer turbulenten Strömung begünstigt und so eine Vergleichmäßigung der Fluidtemperatur insbesondere über den Querschnitt erreicht.

[0062] Hinter der Radialführungsstruktur **605** kann das Fluid dann durch bevorzugt enge Austrittsöffnungen **607** in eine erweiterte Kammer **608** strömen. Bevorzugt ist, dass diese Öffnungen **607** das Fluid in die Mitte der Kammer **608** leiten, insbesondere strahlartig. Dann kann durch die insoweit bevorzugte Anordnung einer Prallplatte **609** im Ausströmungsbereich eine weitere Verwirbelung erzielt werden. Es sei erwähnt, dass hier nicht nur eine Vergleichmäßigung über den Querschnitt, sondern zumindest partiell auch eine zeitliche Mittelung früher oder später zuströmender Fluidvolumina erfolgt.

[0063] Durch Anordnung der Temperatursensoren (nicht dargestellt) im Zentralbereich **608a** in der Kammer **608** vor der Prallplatte **609** wird eine Messung in dem (Zentral-)Bereich **608a** ermöglicht, in der das Fluid besonders vergleichmäßigt ist. Dabei ist in der Figur jener Bereich **608a**, der sich besonders gut für eine Temperaturmessung eignet, mit einer abgrenzenden Linie versehen.

[0064] Bei Verwendung des Mischer in einem Fluidkalorimeter werden demnach bevorzugt hier die Temperatursensoren angeordnet, wobei dann, wenn mit diesen an unterschiedlichen Messstellen innerhalb des vermischten Fluids noch unterschiedliche Temperaturen erfasst werden, Korrekturen an der Anordnung vorgenommen werden können, zum Beispiel

durch Verschieben der Gesamtanordnung. Dies verbessert die Verwirbelungswirkung weiter.

[0065] Die Verwendung der Prallplatte **609** hat den Vorteil, dass sie mit einem umlaufenden Auslass-Spalt **610** betrieben werden kann, der eine Größe hat, die sogar im Fluid mittransportiertes, partikuläres Material noch gut passieren lässt.

[0066] Die Verwendung eines zentralen Mischbereiches **608** hat zudem die erwünschte Folge, dass die Fluid-Ableitung nach außen mit radialsymmetrischen Strukturen erfolgen kann, so dass das vergleichmäßigte Fluid nicht durch unterschiedlichen Kontakt mit der Anordnung unterschiedlich erwärmt oder abgekühlt wird. Es bleibt also eine gleichmäßige Temperaturverteilung weitgehend erhalten.

[0067] Im mechanischen Aufbau sind vorliegend, was aber nicht zwingend ist, Drallführung und Radialführung zu einem gemeinsam im Rohr beweglichen Element vereint und gemeinsam mit einem O-Ring gegen die Rohrwand abgedichtet, so dass kein Fluid am Mischer vorbeiströmen kann. Auch der Träger für die Prallplatte **609** ist mit einem O-Ring gegen die Rohrwand abgedichtet. Der Mischer ist so in das Rohr eingepasst, dass bei den zu erwartenden Strömungsgeschwindigkeiten keine Positionsverlagerung zu befürchten, aber eine bewusste Verschiebung noch möglich ist.

[0068] Der so aufgebaute Mischer bietet aufgrund des vergleichsweise geringen Strömungswiderstands im Fluidkalorimeter den Vorteil, dass sich durch den Mischer allenfalls eine vernachlässigbare zusätzliche Erwärmung ergibt, was für die Vermischung stromabwärts der Heizung von Bedeutung ist, während bei anderen Anwendungen wie in prozesstechnischen Anlagen der Energieaufwand für den Mischerbetrieb gering ist. Durch die in unterschiedliche Richtungen und an mehreren Stellen hintereinander erfolgende Durchmischung wird eine sehr homogene Fluidströmung erreicht, was es insbesondere erlaubt, das Fluidkalorimeter unter Feldbedingungen einzusetzen.

[0069] Es sind im Fluidkalorimeter **1** zwei dieser Fluidmischer **6** eingebaut, nämlich ein Fluid-Mischer **6a** stromaufwärts der Fluidheizung **3** und ein Fluid-Mischer **6b** stromabwärts der Fluidheizung **3**.

[0070] In einer praktischen Ausführungsvariante beträgt die Länge jedes Fluidmischer 45 mm und die Außendurchmesser betragen entsprechend der lichten Weite der Fluidleitung 16 mm. Die Fluidmischer **6a, b** haben mehrere axial aufeinander folgende, aber voneinander beabstandete ringförmige Nuten, in welche hinreichend temperaturbeständige O-Ringe einsetzbar sind, mit welchen die Fluidmischer **6** gegen die Fluidleitung druckdicht abgedichtet sind.

[0071] Sowohl am Eintritt als auch am Austritt sind stromabwärts der Fluidmischer **6a, b** Temperatursensoren der Temperaturerfassungsmittel **2** vorgesehen. Dabei sind zwei Gruppen Temperatursensoren vorgesehen; die erste Gruppe **2a** der Temperatursensoren ist stromaufwärts der Fluidheizung **3** angeordnet, die andere Gruppe **2b** stromabwärts der Fluidheizung **3**. Vorliegend sind in jeder Gruppe jeweils vier kalibrierte Temperatursensoren vorgesehen, die die Temperatur des Fluids an vier unterschiedlichen Stellen der Fluidleitung messen, und zwar sowohl unterschiedlich weit radial entfernt von der Mitte der Fluidleitung **4** als auch an anderen Stellen des Umfangs. Die Temperatursensoren sind an eine Auswerteschaltung angeschlossen, die in der Lage ist, die Signale aller Temperatursensoren simultan bzw. mit allenfalls marginaler Zeitdifferenz zu messen, so dass zu jedem Zeitpunkt die Temperatur des Fluids an vier Stellen oberhalb der Fluidheizung und an vier Stellen unterhalb der Fluidheizung bestimmbar ist.

[0072] Das Fluidkalorimeter **1** dient im vorliegenden Ausführungsbeispiel dem mobilen Einsatz bei der Bestimmung der Wärmekapazität von heißen Wässern, die in Geothermieanlagen als Wärmedfluid verwendet werden sollen und in denen heiße Gase und Salze gelöst sind. Das Fluidkalorimeter **1** der vorliegenden Erfindung ist dabei für einen Druck von bis zu 50 atm Überdruck und eine Fluidtemperatur von bis zu 170°C ausgelegt, so dass es unter Druck stehende Fluide ohne deren Entspannung messen kann. Zeichnerisch nicht dargestellt sind Durchflussmesser zur Bestimmung der in einer gegebenen Zeiteinheit durch das Fluidkalorimeter strömenden Fluidmenge. Es sei aber im Übrigen erwähnt, dass die pro Zeiteinheit das Fluidkalorimeter durchströmende Fluidmenge insbesondere bei Flüssigkeiten auch durch Ausleiten und Wiegen bestimmt werden kann.

[0073] Die Fluidheizung **3** besteht im dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem elektrischen Heizstab, der zentral in der Fluidleitung **4** angeordnet ist. Die dem Heizstab **3** zugeführte elektrische Leistung ist bekannt. Der Heizstab **3** wird zentral durch die Mischkammer hindurchgeführt. Der Heizstab gibt Energie nicht über die ganze Länge des Heizstabes ab, sondern lediglich in einer 20 Zentimeter langen zentralen Zone, die vollständig im Inneren des Fluidrohres und dabei zugleich beabstandet von den beiden Mischkammern der Fluidmischer **6** liegt. Die Heizleistung der Fluidheizung ist so groß, dass das durch das Fluidkalorimeter strömende Fluid um eine mit den beiden Gruppen **2a, 2b** der Temperatursensoren gut erfassbaren Temperaturdifferenz erwärmt wird.

[0074] Es sind nun zwei Verschiebeeinheiten am Fluidkalorimeter **1** vorgesehen. In der dargestellten Ausführungsform lassen sich mittels der Verschiebeeinheit die Inneneinbauten als komplette Einheiten im Fluidleitungsrohr positionieren, so dass vorliegend

mit der eingangsseitigen, das heißt stromaufwärtigen Verschiebeeinheit der eingangsseitige Mischer, die eingangsseitigen Thermoelemente und der Innenheizer gemeinsam in axialer Richtung im Fluidleitungsrohr verschieblich sind, während mit der ausgangseitigen Verschiebeeinheit die fluidheizungs-stromabwärtigen Temperatursensoren und der vorgeordnete Fluidmischer verschieblich ist.

[0075] Um die Verschiebeeinheiten zu realisieren, ist das Fluidkalorimeter auf einer Basis **8** angeordnet, auf welcher zunächst zwei Halterungen **9** für die Fluidleitungen und die zu dieser führenden Flanschverbindungen vorgesehen sind und auf welcher weiter zwei Halterungen **10** gebildet sind, gegen welche Schlitten **11** hin- und her beweglich sind, die ihrerseits fest mit den Inneneinbauten verbunden sind, so dass die Inneneinbauten durch Bewegung der Schlitten wie beschrieben als komplette Einheiten im Fluidleitungsrohr positioniert werden können.

[0076] Die Fluidleitung **4** ist vorliegend aus PEEK als Kunststoff mit geringer Wärmeleitung gebildet. Das Strömungsrohr hat eine Länge, die ausreicht, um die Mischkammern mit den zugehörigen Temperatursensoren beabstandet vom heizenden Bereich des Heizstabes aufzunehmen. Die Fluidleitung ist stromaufwärtig und stromabwärtig mit Flanschen für die Fluiddurchleitung versehen. Auf der Außenseite ist das Strömungsrohr **4** an beiden Enden mit Rillen **12** (Fig. 5) für die Aufnahme von O-Ringen (nicht dargestellt) versehen, die eine druckdichte Abdichtung gegen den darüberzuschiebenden Vakuummantel ermöglichen.

[0077] Das Fluidkalorimeter wird verwendet wie folgt: Zunächst wird das mobile Fluidkalorimeter **1** an einen derzeit gewünschten Ort einer Messung gebracht. Dort werden an die beiden Flanschverbindungen Leitungen angebracht, mit denen das zu messende Fluid parallel (das heißt im Bypass) zu jener Fluidleitung geführt wird, in welcher die Eigenschaften des Fluids bestimmt werden sollen. Das Fluid strömt nach der Messung in die Leitung zurück, so dass die Messung bei jenem Druck stattfinden kann, wie er auch in der Anlage herrscht. Dass alternativ andere Möglichkeiten zur Fluidmengenbestimmung bestehen, sei erwähnt. So könnte das Fluid zum Beispiel über ein Druckhalteventil ausgeleitet und der Massefluss durch Wiegen einer in bestimmter Zeit ausgeleiteten Menge bestimmt werden.

[0078] Die zum Fluidrohr von der Anlage weg führenden Leitungen sind bevorzugt kurz und hinreichend isoliert, um eine Abkühlung des Fluids auf der Zuleitung zum Fluidkalorimeter zu vermeiden und so eine Messung bei identischen Bedingungen, wie sie in der Anlage herrschen, zu gewährleisten.

[0079] Es wird dann der Vakuummantel um das Fluidleitungsrohr **3** herum evakuiert.

[0080] Danach ist das System messbereit. Es wird nun heißes, zu messendes Fluid in das Rohr geführt. Dabei durchströmt das Fluid zunächst die Kammer des ersten Fluid-Mischers **6a**. Dann wird an vier Stellen die Temperatur des einströmenden Fluids erfasst und es wird ausgewertet, ob die Temperatur hinreichend gleichmäßig ist. Anschließend strömt das heiße Fluid durch das Fluidleitungsrohr, in dem sich auch die Fluidheizung befindet. Dabei wird dem Fluid Wärme aus der Fluidheizung zugeführt.

[0081] Die auf das die Fluidleitung **4** bildende Strömungsrohr von der Fluidheizung noch einstrahlende Wärme gelangt dabei aufgrund der nur geringen Leitfähigkeit des Rohres in nur geringem Maß über die Fluidleitung zu den Temperaturmessstellen; die Wärmeverluste aus dem Rohr sind ebenfalls vernachlässigbar. Damit dient ein weit überwiegender Teil der Heizleistung der Erwärmung des Fluids. Das Fluid strömt dann durch das die Fluidleitung **4** bildende Strömungsrohr durch die zweite, stromabwärtig der Heizung gelegene Kammer des Mischers **6b** und wird dort neuerlich homogenisiert. Dies vermeidet Messfehler, wie sie sonst durch ungleichmäßige Erwärmung des Fluids über den Querschnitt, insbesondere bei laminarer Strömung, auftreten. Nach der Durchmischung wird das erwärmte Fluid an der zweiten Gruppe von Temperatursensoren vorbeigeführt und es werden dort vier einzelne Temperaturen gemessen. Das Fluid wird dann durch ein Flussmessgerät (nicht gezeigt) geleitet, um die Masse des Fluids zu bestimmen, die durch das Fluidkalorimeter strömt. Die Messwerte des Flussmessgeräts werden in geeigneter Weise in die Auswerteschaltung gespeist.

[0082] Es werden demnach sowohl stromaufwärts als auch stromabwärts der Fluidheizung mehrere Temperaturmesswerte im Fluid bestimmt und es ist überdies die Durchströmmenge bekannt.

[0083] Es wird nun zunächst in der Auswerteschaltung geprüft, ob die einzelnen Temperaturmesswerte stromaufwärts der Fluidheizung voneinander allenfalls wenig abweichen und ob die einzelnen Temperaturmesswerte stromabwärts der Fluidheizung voneinander allenfalls wenig abweichen. Sofern stromaufwärts der Heizung die Temperaturmesswerte zu stark voneinander abweichen, spricht dies dafür, dass das anströmende Fluid inhomogen ist oder die Sensoren voneinander abweichen, etwa aufgrund von Sensordefekten. Es wird dann ein entsprechendes Signal für den Bediener des Fluidkalorimeters generiert, um ihm zu signalisieren, dass eine Verschiebung des eingangsseitigen Schlittens erforderlich ist. Dass dies automatisch möglich wäre zum Beispiel durch Stellmotoren am Schlitten, die von der Auswerteschaltung aktiviert werden könnten, sei erwähnt.

[0084] Es werden danach neuerlich die eingangsseitigen Temperaturen bestimmt. Sind diese nunmehr gleich oder nahezu gleich, wird davon ausgegangen, dass zuvor eine Inhomogenität durch unzureichende Durchmischung vorgelegen hat. Andernfalls, das heißt sofern weiterhin deutlich voneinander abweichende Temperaturen erfasst werden, kann der Benutzer aufgefordert werden, entweder die Sensoren zu überprüfen oder einzelne, womöglich defekte Sensoren von der Temperatur-Mittelwertbestimmung auszuschließen. Insbesondere bei digitaler Datenverarbeitung kann dies, wiederum zum Beispiel als Ausreißerkontrolle, auch automatisch erfolgen. Es sei im übrigen erwähnt, dass gegebenenfalls auch Temperatursensoren (bzw. -sensorgruppen) verwendbar sind, die für unterschiedliche Temperaturbereiche optimiert sind, so dass Abweichungen außerhalb eines Überlappbereiches anders bewertet werden können, insbesondere durch unterschiedliche Gewichtung der verschiedenen Messwerte außerhalb des Überlappbereiches.

[0085] Entsprechend wird stromabwärts der Fluidheizung vorgegangen.

[0086] Es kann dann die Wärmekapazität berechnet werden, ohne dass die bestimmten Werte durch Wärmeleitungseffekte entlang des Fluidrohres, durch Wärmeabstrahlung oder durch Inhomogenitäten signifikant beeinflusst wären.

[0087] Sollte es ungeachtet des Bypass-Betriebs allmählich zu Veränderungen des Strömungsverhaltens in dem die Fluidleitung bildenden Strömungsrohr kommen, etwa durch Ablagerungen, kann dies durch – gegebenenfalls neuerliches – Verschieben der die Inneneinbauten tragenden Schlitten erkannt und zumindest partiell kompensiert werden. Gegebenenfalls kann ein chemisch oder mechanisch beschädigtes Fluidleitungsrohr auch ohne weiteres kostengünstig ausgetauscht werden. Gleichfalls möglich ist es, die Inneneinbauten etwa zur Reinigung außerhalb der Fluidleitung zu entfernen.

Patentansprüche

1. Fluidkalorimeter mit Fluidtemperaturerfassungsmitteln, die zur Messung an jeweils mehreren Stellen stromaufwärts und stromabwärts einer Fluidheizung angeordnet sind, und einer Fluidleitung dazwischen, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Mischer für eine Fluidvergleichmäßigung vor Temperaturmessung vorgesehen und

die Fluidleitung aus Material geringer Wärmeleitung gebildet ist.

2. Fluidkalorimeter nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fluidtemperaturerfassungsmittel und/oder die Fluidheizung in der Fluidleitung angeordnet sind, bevorzugt beweglich angeordnet sind, insbesondere bevorzugt axial verschieblich.

3. Fluidkalorimeter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der mindestens eine Mischer, um eine Fluidvergleichmäßigung zu erzielen, als Mischer gebildet ist, in welchem Fluid nach Durchströmen einer helixartigen Führung und einer Radialführung insbesondere durch dünne Öffnung auf eine einem Mischbereich nachfolgende Prallplatte zugeleitet und aus dem Mischbereich durch einen dünnen, vorzugsweise um den Umfang verlaufenden Spalt geführt ist.

4. Fluidkalorimeter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dass die Fluidleitung als Kunststoffrohr gebildet ist.

5. Fluidkalorimeter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fluidleitung eine Wärmeleitung geringer als 0,7 W/K m, insbesondere bevorzugt unter 0,5 W/K m aufweist, insbesondere um 0,25 W/K m oder darunter.

6. Fluidkalorimeter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fluidtemperaturerfassungsmittel und/oder die Fluidheizung und/oder eine oder mehrere im Fluidkalorimeter vorgesehene Mischkammern in der Fluidleitung beweglich sind, bevorzugt axial verschieblich und/oder die Temperatursensoren während der Messung beweglich sind, insbesondere sowohl stromaufwärts als auch stromabwärts der Fluidheizung.

7. Fluidkalorimeter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fluidtemperaturerfassungsmittel eine Vielzahl von Temperatursensoren umfassen, mit denen an mehreren Stellen simultan gemessen werden kann, insbesondere zumindest drei am Fluidrohreingang und/oder drei am Fluidrohrausgang, insbesondere bevorzugt jeweils mindestens vier.

8. Fluidkalorimeter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromaufwärts der Temperatursensoren eine Mischanordnung vorgesehen ist, insbesondere jeweils eine Mischkammer vor oder bei jeder Temperatursensorgruppe.

9. Fluidkalorimeter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Fluidtemperaturerfassungsmittel eine Auswerteeinheit zugeordnet ist, um jeweilige Unterschiede der an mehreren Stellen stromaufwärts oder mehreren Stellen stromabwärts vorgenommenen Messungen zu detektieren.

10. Fluidkalorimeter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fluidleitung austauschbar ist.

11. Fluidkalorimeter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Mittel zur Massestrombestimmung vorgesehen sind.

12. Verwendung eines Fluidkalorimeters als mobiles Fluidkalorimeters nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere zur Verwendung in Geothermieanlagen und/oder verfahrenstechnischen Anlagen und/oder im Bypass und/oder zur Messung von aggressiven und/oder in der Zusammensetzung variierenden Fluiden, insbesondere Fluiden, aus denen Bestandteile ausgasen und/oder ausfallen können.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

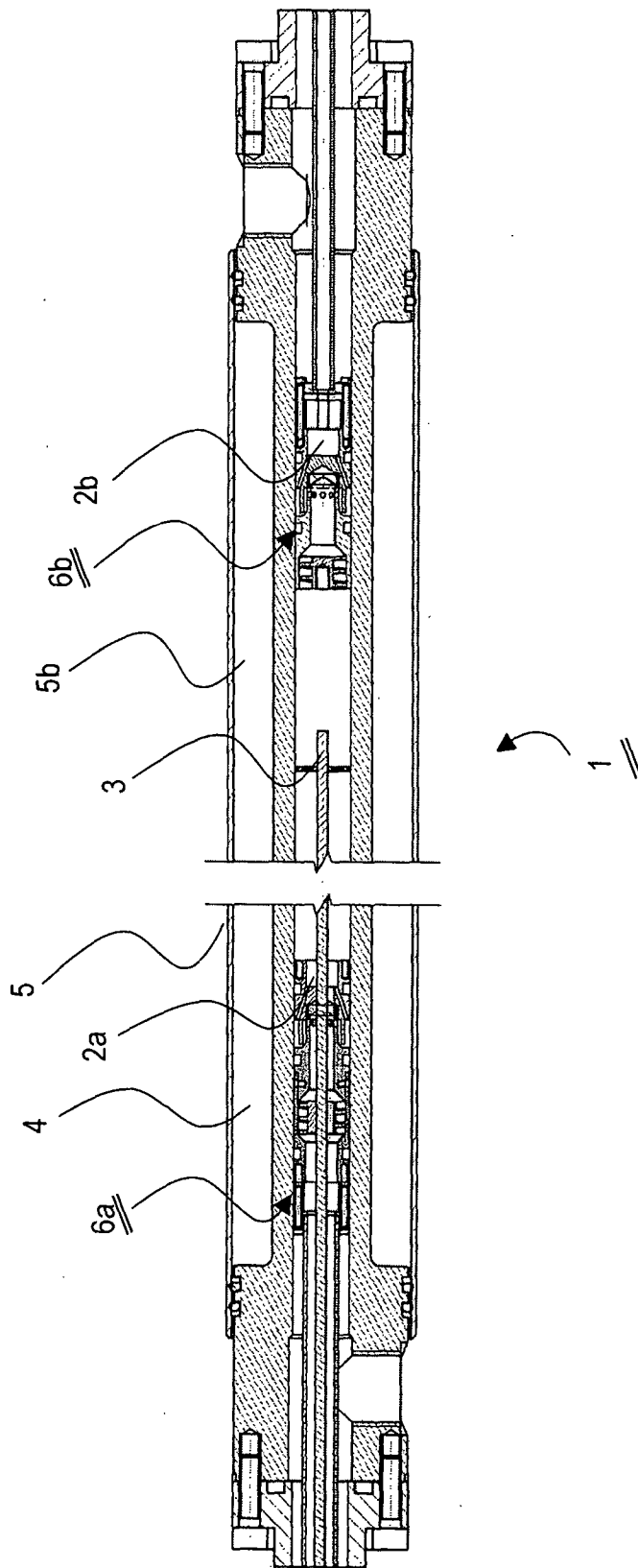


Fig. 1: Fluidkalorimeter / Schnittansicht

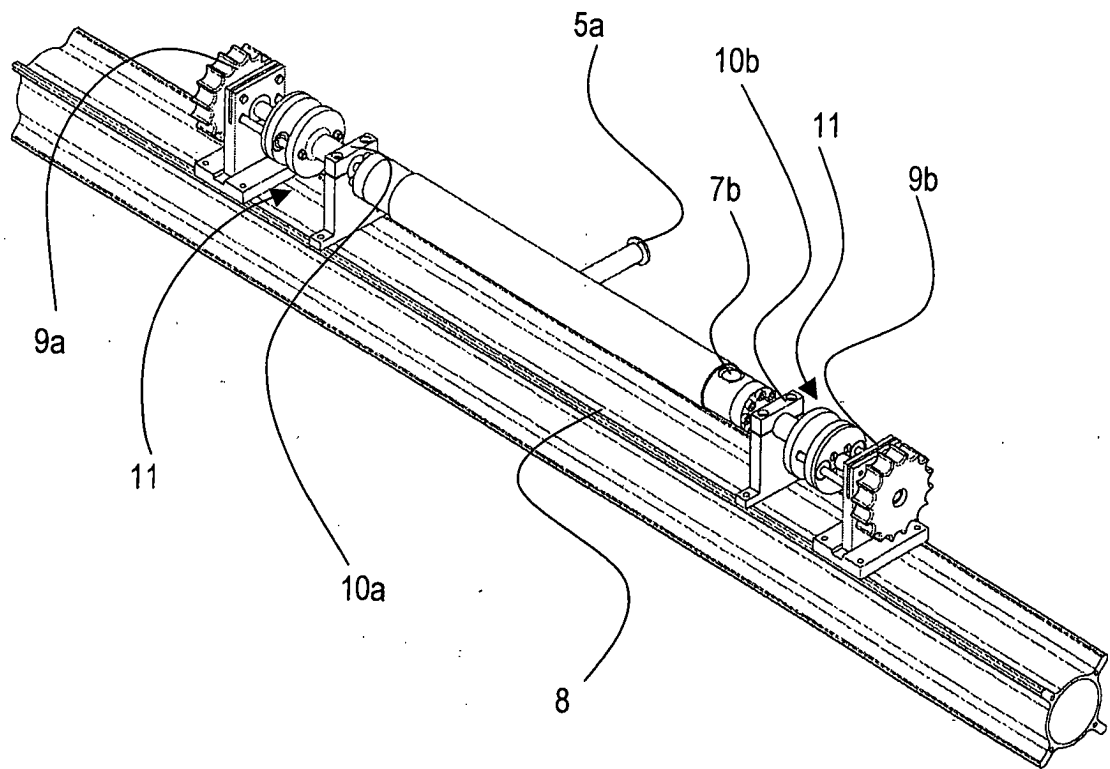


Fig. 2: perspektivische Darstellung mit Verschiebeeinheiten

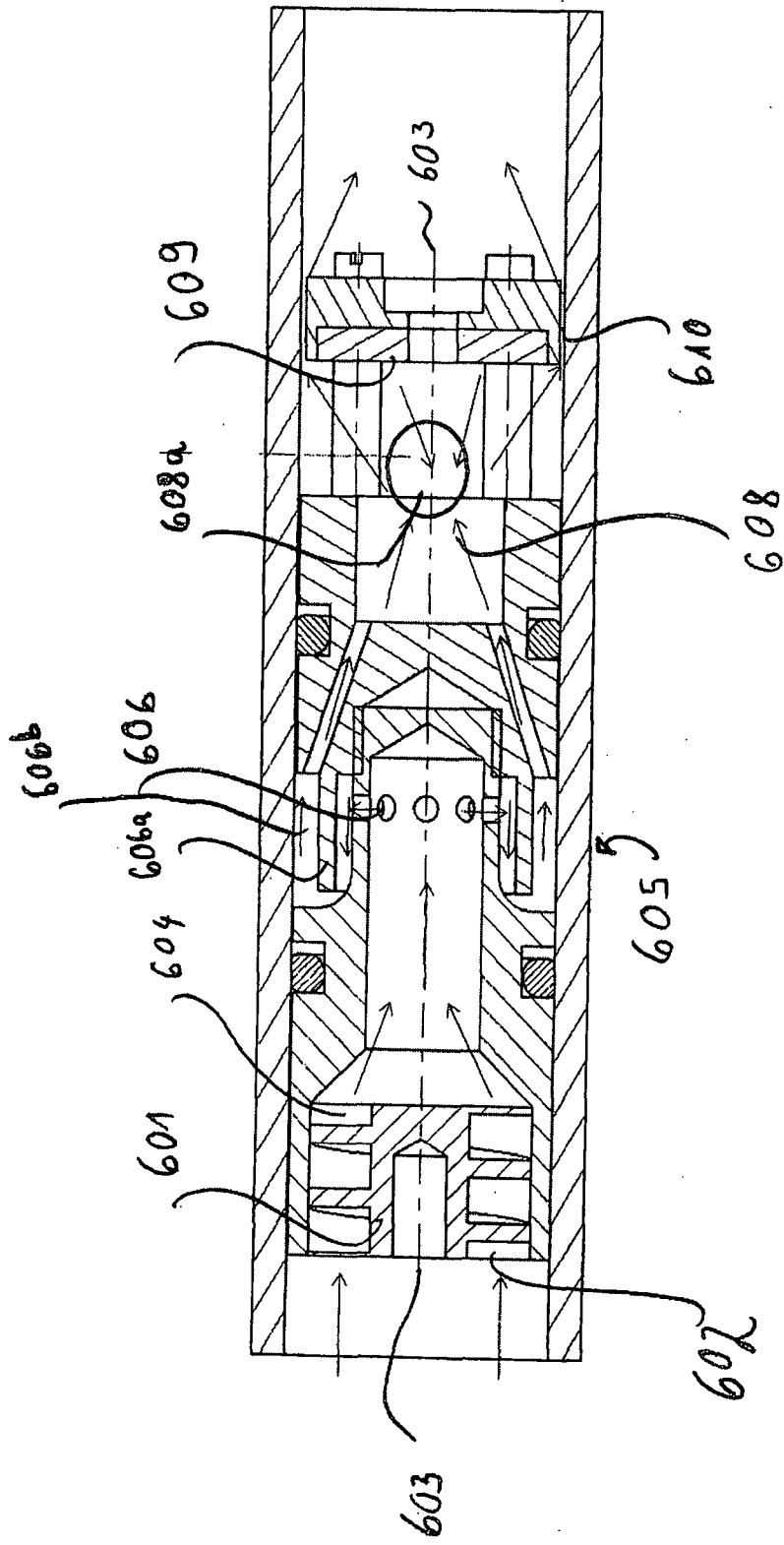


Fig. 3

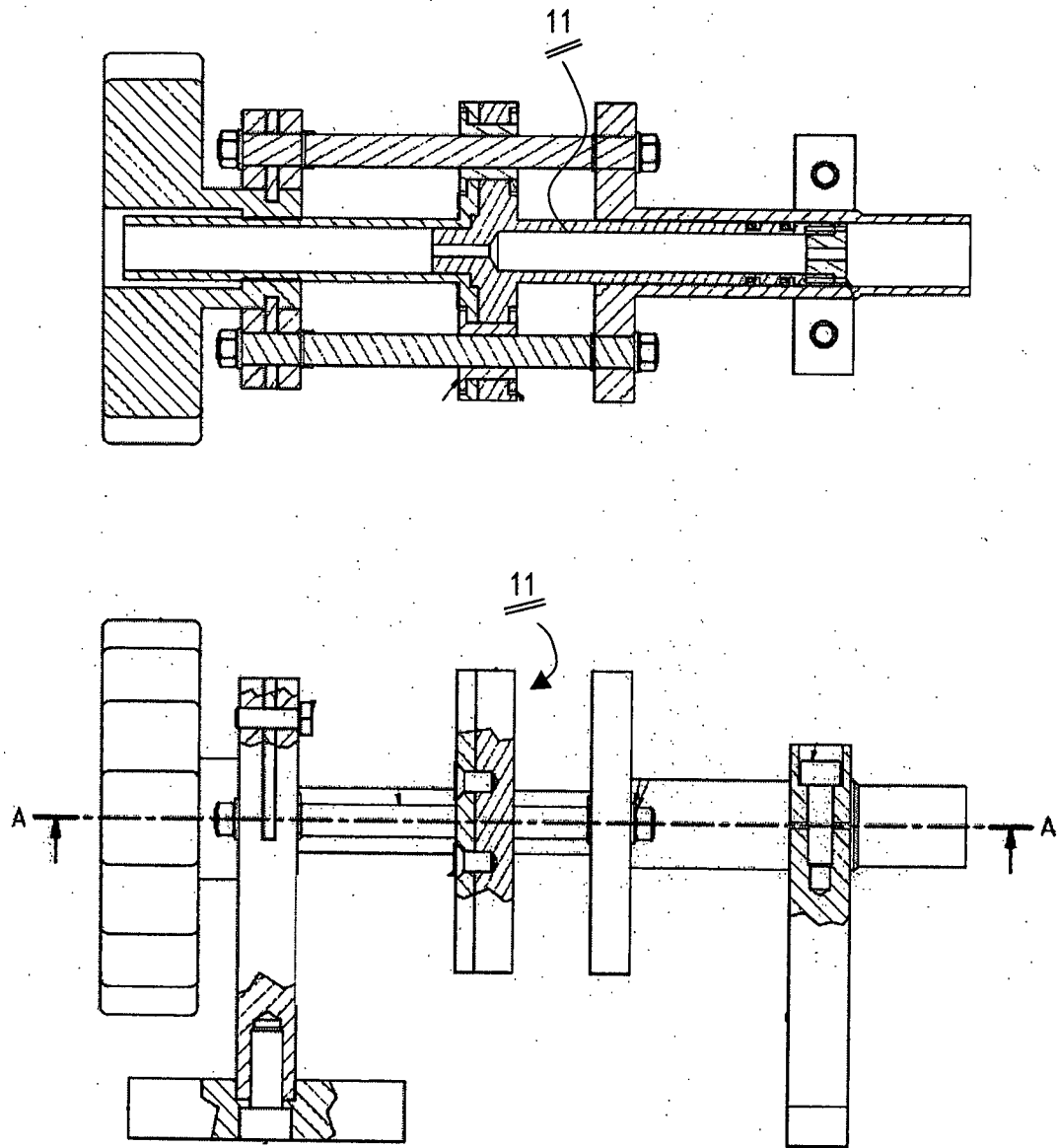


Fig. 4 a, b

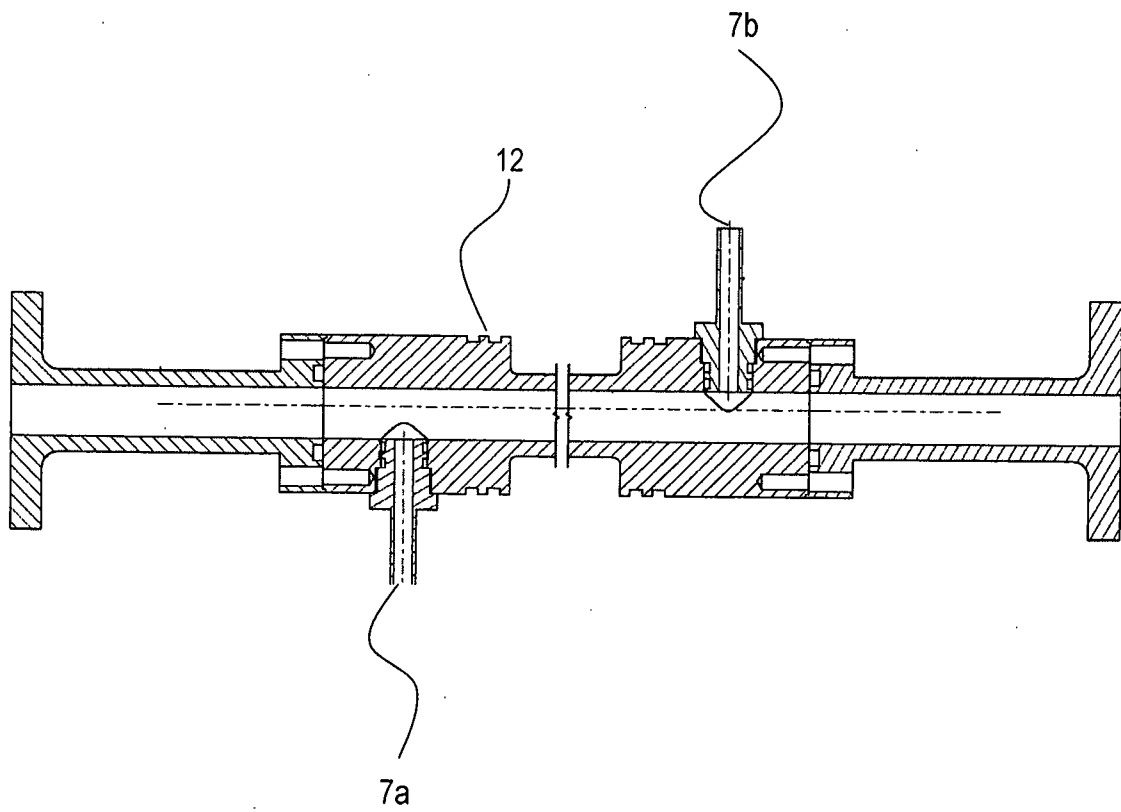


Fig. 5