

(19)



(10)

AT 16461 U1 2019-10-15

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Anmeldenummer: GM 50145/2018
 (22) Anmeldetag: 27.08.2018
 (24) Beginn der Schutzdauer: 15.10.2019
 (45) Veröffentlicht am: 15.10.2019

(51) Int. Cl.: **G01K 17/00** (2006.01)
G01K 17/06 (2006.01)
G01M 3/32 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 CN 202582925 U
 CN 202119617 U
 DE 102010012321 A1
 EP 2889354 A1
 WO 2016/188635 A1
 WO 2005/106375 A1

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
 IVD PROF. HOHENBERG GMBH
 8010 Graz (AT)

(72) Erfinder:
 Hohenberg Günter Prof. Dr.-Ing.
 8010 Graz (AT)
 Geneder Stefan Dipl.Ing. (FH)
 8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
 Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.
 1080 Wien (AT)

(54) PRÜFEINRICHTUNG ZUM ERMITTELN DES DYNAMISCHEN THERMISCHEN VERHALTENS EINES PRÜFOBJEKTES

(57) Die Erfindung betrifft eine Prüfeinrichtung (1) zum Ermitteln des dynamischen thermischen Verhaltens eines durch einen Wärmeüberträger, insbesondere einen Luft/Wasser-Wärmeüberträger, gebildeten Prüfobjektes (7), mit einem ein erstes Medium - vorzugsweise Luft - führenden Primärströmungsweg (20), welcher einen ersten Prüfobjektbereich (21) zur Aufnahme des Prüfobjektes (7) oder zum Anschließen einer Primärseite des Prüfobjektes (7) und zumindest einen ersten Konditionierbereich (22) mit einer ersten Konditioniereinrichtung (9) und/oder einer ersten Fördereinrichtung (6) aufweist, und einem ein zweites Medium - vorzugsweise Fluid - führenden Sekundärströmungsweg (30), welcher einen zweiten Prüfobjektbereich (31) zum Anschließen einer Sekundärseite des Prüfobjektes (7) und zumindest einen zweiten Konditionierbereich (32) mit einer zweiten Konditioniereinrichtung (11) aufweist, wobei der erste Massenstrom ($\dot{m}_L$) des ersten Mediums und/oder der zweite Massenstrom ($\dot{m}_F$) des zweiten Mediums veränderbar sind.

Um das dynamische Verhalten zu charakterisieren ist vorgesehen, dass der erste Konditionierbereich (22) über einen durch eine erste Umschalteneinrichtung (4) steuerbaren ersten Bypass-Strömungsweg (3) und/oder der zweite Konditionierbereich (32) über einen durch eine zweite Umschalteneinrichtung (10) steuerbaren zweiten Bypass-Strömungsweg (13) umgehbar sind/ist.

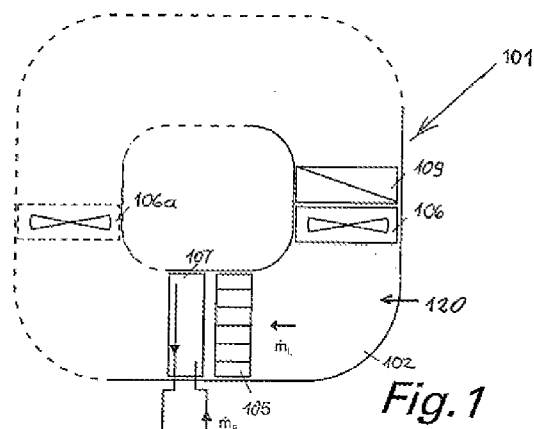


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Prüfeinrichtung zum Ermitteln des dynamischen thermischen Verhaltens eines durch einen Wärmeüberträger, insbesondere einen Luft/Wasser-Wärmeüberträger, gebildeten Prüfobjektes, mit einem ein erstes Medium - vorzugsweise Luft - führenden Primärströmungsweg, welcher zumindest einen ersten Konditionierbereich mit einer ersten Konditioniereinrichtung und einen ersten Anschlussbereich für eine Primärseite des Prüfobjekt aufweist, und einem ein zweites Medium - vorzugsweise Fluid - führenden Sekundärströmungsweg, welcher einen zweiten Konditionierbereich mit einer zweiten Konditioniereinrichtung aufweist, wobei der Sekundärströmungsweg einen zweiten Anschlussbereich für eine Sekundärseite des Prüfobjekt aufweist, wobei der erste Massenstrom des ersten Mediums und/oder der zweite Massenstrom des zweiten Mediums veränderbar sind.

[0002] Bisher bekannte Lösungen zur Prüfung von Wärmeübertragern sind aufgebaut wie ein Windkanal. Sie bestehen luftseitig aus einer Luftkonditioniereinrichtung, einem Gebläse, Leiteinrichtungen und dem durch einen Wärmeüberträger gebildeten Prüfobjekt. Auf der Fluidseite erfolgt die Mischung von kalten und heißem Wasser und die Förderung über eine Pumpe. Diese Lösungen sind nur zur Durchführung von stationären Versuchen geeignet. Hochdynamische Prüfungen können daher nicht durchgeführt werden. Derartige Prüfeinrichtungen sind beispielsweise aus dem Artikel „Investigation of effect on cross-flow heat exchanger with air flow non-conformity under low Reynolds number“, Kai Shen et al., Advances in mechanical Engineering 2017, Vol. 9(7) 1-14, <https://doi.org/10.1177/1687814017708088>, bekannt.

[0003] Die DD 151 355 beschreibt eine Lösung zur Bestimmung der Speichermassen von Wärmeübertragern, die auch für das dynamische Verhalten wesentlich sind. Dabei wird über eine verstellbare Klappe eine Richtungsänderung der Luftströme und eine wechselweise Beaufschlagung der zwischen zwei Leitungen eingeschlossenen Speichermasse mit kalten bzw. warmen Luftströmen erreicht. Die beschriebene Lösung ermöglicht zwar eine dynamische Steuerung des Luftstromes, allerdings wird nur ein Teil des Wärmeübertragers beaufschlagt. Zudem erfolgt hier keine Konditionierung der Fluidseite. Es ist somit nicht möglich, hochdynamische Prüfungen zur Charakterisierung des dynamischen Verhaltens eines Wärmeübertragers durchzuführen.

[0004] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Prüfeinrichtung anzugeben, die es erlaubt, einen kompletten Wärmeüberträger in seinen dynamischen Verhalten auf einfache und rasche Weise zu charakterisieren.

[0005] Erfindungsgemäß wird dies dadurch gelöst, dass der erste Konditionierbereich über einen durch eine erste Umschaltvorrichtung steuerbaren ersten Bypass-Strömungsweg und/oder der zweite Konditionierbereich über einen durch eine zweite Umschaltvorrichtung steuerbaren zweiten Bypass-Strömungsweg umgehbar sind/ist.

[0006] Die ersten und zweiten Umschaltvorrichtungen weisen jeweils zumindest eine erste und eine zweite Schaltstellung auf, wobei in der ersten Schaltstellung der jeweilige Bypass-Strömungsweg geschlossen und in der zweiten Schaltstellung freigegeben ist.

[0007] Das erste Medium wird durch die erste Umschaltvorrichtung, das zweite Medium durch die zweite Umschaltvorrichtung gesteuert. In der ersten Schaltstellung der ersten Umschaltvorrichtung wird das erste Medium stromaufwärts des Prüfobjektes durch eine erste Konditioniereinrichtung geführt und dabei konditioniert, also - je nach Bedarf - gekühlt oder erwärmt. Ist das erste Medium gasförmig, beispielsweise Luft, kann die Konditionierung auch eine Feuchtigkeitsregelung beinhalten. Vorteilhaft ist es dabei, wenn die erste Konditioniereinrichtung zumindest eine Temperiereinrichtung und zumindest eine Feuchtigkeitsreguliereinrichtung aufweist. In der zweiten Schaltstellung der ersten Umschaltvorrichtung wird das erste Medium an der ersten Konditioniereinrichtung unkonditioniert vorbeigeführt. Mit anderen Worten wird die erste Konditioniereinrichtung in der zweiten Schaltstellung der ersten Umschaltvorrichtung umgangen.

[0008] In der ersten Schaltstellung der zweiten Umschaltvorrichtung wird das zweite Medium -

beispielsweise eine Flüssigkeit - stromaufwärts des Prüfobjektes durch eine zweite Konditioniereinrichtung geführt und dabei insbesondere thermisch konditioniert. Die zweite Konditioniereinrichtung weist dabei beispielsweise zumindest eine Heizeinrichtung und zumindest eine Kühleinrichtung auf. In einer zweiten Schaltstellung der zweiten Umschalteneinrichtung wird das zweite Medium an der zweiten Konditioniereinrichtung unkonditioniert vorbeigeführt, die zweite Konditioniereinrichtung wird also umgangen.

[0009] Ein Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass zumindest eine Umschalteneinrichtung, vorzugsweise beide Umschalteneinrichtungen, durch eine hochdynamische Umschalteneinrichtung gebildet ist/sind. Hochdynamische Umschalteneinrichtungen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie hochdynamisch umgeschaltet werden können, also ein besonders rasches Umschalten zwischen einer ersten Schaltstellung und einer zweiten Schaltstellung erlauben. Zum Umschalten wird dabei die jeweilige hochdynamische Umschalteneinrichtung eingangsseitig mit einer Sprungfunktion beaufschlagt, wobei die Sprungantwort der Umschalteneinrichtung auf die eingangsseitige Sprungfunktion maximal 200 Millisekunden, vorzugsweise maximal 100 Millisekunden, besonders vorzugsweise maximal 50 Millisekunden beträgt.

[0010] In diversen Ausführungsvarianten der Erfindung ist vorgesehen, dass die erste Umschalteneinrichtung einen Drehschieber, eine Klappe oder einen Linearschieber aufweist. Zur optimalen Strömungsführung ist es dabei vorteilhaft, wenn im Primärströmungsweg, vorzugsweise im Bereich der ersten Umschalteneinrichtung, besonders vorzugsweise fest mit der ersten Umschalteneinrichtung verbunden, zumindest eine Strömungsleiteinrichtung angeordnet ist.

[0011] Die erste Konditioniereinrichtung zumindest eine Temperiereinrichtung und zumindest eine Feuchtigkeitsreguliereinrichtung aufweist.

[0012] Weitere Ausführungsvarianten der Erfindungen sehen vor, dass die zweite Umschalteneinrichtung zumindest ein 3/2 Wegeventil, zumindest Verdrängerpumpe oder zumindest ein 4/2 Wegeventil aufweist.

[0013] Um einen flexiblen Einsatz der Prüfeinrichtung zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn zumindest der Primärströmungsweg modular ausgeführt ist und zumindest zwei lösbar miteinander verbundene Teilstücke aufweist.

[0014] Mit der erfindungsgemäßen Prüfeinrichtung für Wärmeübertrager ist es möglich, sowohl auf der Luft- als auch der Wasserseite einen Sprung des Wärmestroms vorzugeben und damit die Sprungantwort des Wärmeübertragers zu ermitteln.

[0015] Weiters kann die Prüfeinrichtung eingesetzt werden, um die Messgenauigkeit von Temperaturmessungen zu verbessern. Dazu wird eine Messeinrichtung verwendet, bei der ein schneller Temperatursensor und ein langsamer Temperatursensor kombiniert eingesetzt werden.

[0016] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist dabei vorgesehen, dass ein - vorzugsweise durch ein Thermoelement gebildeter - schneller Temperatursensor und ein - vorzugsweise durch einen Widerstandssensor gebildeter - langsamer Temperatursensor im Prüfobjektbereich der Prüfeinrichtung positioniert werden, und dass zumindest eine Umschalteneinrichtung - vorzugsweise beide Umschalteneinrichtungen - hochdynamisch zwischen den beiden Schaltstellungen umgeschaltet werden, und dass das dynamische thermische Verhalten des schnellen Temperatursensors und des langsamen Temperatursensors aus einer Sprungantwort des schnellen Temperatursensors und einer Sprungantwort des langsamen Temperatursensors auf die hochdynamische Umschaltung ermittelt wird.

[0017] Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn auf der Basis des dynamischen Verhaltens des schnellen Temperatursensors und des langsamen Temperatursensors ein rechnerisches Modell für eine kombinierte Temperaturmesseinrichtung ermittelt wird, wobei vorzugsweise ein Offset des schnellen Temperatursensors korrigiert und eine Zeitkonstante des langsamen Temperatursensors kompensiert wird. Dies ermöglicht es, hochgenaue dynamische Temperaturmessungen durchzuführen.

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend an Hand der in den Figuren gezeigten nicht einschränkenden Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0019] Darin zeigen schematisch:

- [0020]** Fig. 1 eine aus dem Stand der Technik bekannte Prüfeinrichtung,
- [0021]** Fig. 2 eine erfindungsgemäße Prüfeinrichtung in einer ersten Ausführungsvariante,
- [0022]** Fig. 3 eine erfindungsgemäße Prüfeinrichtung in einer weiteren Ausführungsvariante,
- [0023]** Fig. 4 einen Wärmeüberträger zum Applizieren in der Prüfeinrichtung,
- [0024]** Fig. 5, 6 und 7 erste Umschalteneinrichtungen der erfindungsgemäßen Prüfeinrichtung in verschiedenen Ausführungsvarianten,
- [0025]** Fig. 8, 9 und 10 erste Umschalteneinrichtungen der erfindungsgemäßen Prüfeinrichtung in verschiedenen Ausführungsvarianten,
- [0026]** Fig. 11 ein stationäres Kennfeld eines Wärmeüberträgers,
- [0027]** Fig. 12 einen Temperaturverlauf mit dem dynamischen Übertragungsverhalten eines Wärmeübertragers,
- [0028]** Fig. 13 einen Temperaturverlauf mit dem dynamischen Übertragungsverhalten von unterschiedlichen Temperatursensoren und
- [0029]** Fig. 14 eine erfindungsgemäße modellbasierte Kombination von Temperatursensoren.

[0030] Fig.1 zeigt eine konventionelle Prüfeinrichtung 101 wie sie aus dem Stand der Technik bekannt ist. Die Prüfeinrichtung 101 weist einen durch einen Strömungskanal 102 gebildeten Primärströmungsweg 120 zur Führung eines Luftstromes $\dot{m}_L$ auf, welcher offen oder geschlossen ausgeführt sein kann. Bei der durch strichlierte Linien angedeuteten geschlossenen Bauart wird der Luftstrom $\dot{m}_L$, nachdem er das Prüfobjekt 107, d.h. den zu untersuchenden Wärmeüberträger durchströmt hat, wieder rückgeführt. Über eine Luftfördereinrichtung 106 in Form eines Gebläses wird Luft aus der Umgebung - im Falle der offenen Bauform - oder aus der Rückführung - geschlossene Bauform - angesaugt und ein definierter Luftstrom eingestellt. Zur Konditionierung der geförderten Luft existiert typischerweise eine Luftkonditioniereinrichtung 109, mit der es möglich ist die Eigenschaften der Luft Temperatur, Feuchtigkeit zu variieren. Zur Vergleichmäßigung der Strömung stromaufwärts des Prüfobjekts 107 ist typischerweise eine Leiteinrichtung in Form eines Strömungsgleichrichters 105 vorgesehen.

[0031] Mit der bekannten Prüfeinrichtung 101 ist es möglich ein stationäres Kennfeld eines Wärmeübertragers zu ermitteln. Aufgrund der Trägheit der Luftfördereinrichtung 106 kann der Luftstrom $\dot{m}_L$ nur mit begrenztem Gradienten verstellt werden, so dass keine hochdynamischen Prüfungen, wie sie zur Charakterisierung des dynamischen Verhaltens eines Wärmeübertragers notwendig wären, durchzuführen.

[0032] In Fig. 2 ist eine erfindungsgemäße Prüfeinrichtung 1 dargestellt, mit welcher das dynamische Verhalten eines Wärmeüberträgers ermittelt werden kann. Der Wärmeüberträger ist beispielsweise ein Luft/Wasser-Wärmetauscher, der primärseitig durch Luft und sekundärseitig durch Wasser durchströmt werden kann. Die Prüfeinrichtung 1 weist einen durch einen Strömungskanal 2 gebildeten Primärströmungsweg 20 zur Führung eines ersten Mediums - beispielsweise hier Luft - auf, welcher als durch voll ausgezogene Linien angedeuteter offener Kreislauf oder als durch strichlierte Linien angedeuteter geschlossener Kreislauf ausgeführt sein. Der Primärströmungsweg 20 weist einen ersten Prüfobjektbereich 21 zur Aufnahme des Prüfobjektes 7 oder zum Anschluss einer Primärseite des Prüfobjektes 7 auf. Weiters weist der Primärströmungsweg 20 zumindest einen ersten Konditionierbereich 22 mit einer ersten Fördereinrichtung 6 zur Förderung der Luft und einer stromaufwärts der ersten Fördereinrichtung 6

angeordneten ersten Konditioniereinrichtung 9 zum Variieren der Temperatur und der Feuchtigkeit der Luft auf. Stromaufwärts des ersten Prüfobjektbereichs 21 ist im Primärströmungsweg 20 eine Leiteinrichtung 5 zur Strömungsgleichrichtung angeordnet.

[0033] Weiters weist die Prüfeinrichtung 1 eine schnelle erste Umschalteneinrichtung 4 und einen ersten Bypass-Strömungsweg 3 auf, welche es ermöglicht den ersten Massenstrom (Luftstrom) $\dot{m}_L$ hochdynamisch vom Prüfobjekt 7 weg über den Bypass-Strömungsweg 3 unter Umgehung der ersten Konditioniereinrichtung 9 und/oder der ersten Fördereinrichtung 6 zu führen. Dies ermöglicht es den Luftwärmestrom am Prüfobjekt 7 hochdynamisch von einem maximalen Wert auf Null zu verringern. Unter einem hochdynamischen Vorgang wird hier ein im Millisekunden Bereich ablaufender Vorgang verstanden.

[0034] Im Falle eines offenen Kreislaufes erfolgt die Umgehung des ersten Konditionierbereichs 22 über die Umgebung. Wie in Fig. 2 durch strichlierte Linien dargestellt ist, kann gegebenenfalls auch eine zweite erste Fördereinrichtung 6a zur Erzeugung von Unterdruckverhältnissen vorgesehen sein.

[0035] Das selbe Prinzip wie auf der Primärseite (Luftseite) des geprüften Wärmeübertragers wird auf der Sekundärseite (Fluidseite) des Wärmeübertragers angewendet. Die Prüfeinrichtung 1 weist dabei einen zweiten Strömungsweg 30 auf, in welchem eine zweite Fördereinrichtung 8 für ein zweites Medium - beispielsweise Wasser - angeordnet ist. Der Sekundärströmungsweg 30 wird in einem zweiten Prüfobjektbereich 31 an die Sekundärseite des zu prüfenden Wärmeübertragers angeschlossen. In einem zweiten Konditionierbereich 32 des Sekundärströmungsweges 30 für das zweite Medium ist eine zweite Konditioniereinrichtung 11 angeordnet. Über eine schnelle zweite Umschalteneinrichtung 10 kann der zweite Massenstrom (Fluidstrom) $\dot{m}_F$ entweder über einen zweiten Bypass-Strömungsweg 13 des Sekundärströmungsweges 30 oder über die zweite Konditioniereinheit 11 geführt werden kann.

[0036] Die hochdynamische zweite Umschalteneinrichtung 10 ermöglicht es den zweiten Massenstrom (Fluidstrom) $\dot{m}_F$ hochdynamisch über den zweiten Bypass-Strömungsweg 13 unter Umgehung der zweiten Konditioniereinrichtung 11 zu führen. Dies ermöglicht es den Fluidwärmestrom am Prüfobjekt 7 hochdynamisch von einem maximalen Wert auf Null zu verringern.

[0037] Fig. 3 zeigt eine Ausführungsvariante einer hochdynamischen Prüfeinrichtung 1 für Wärmeübertrager mit einem offenen Kreislauf für das erste Medium. Die Prüfeinrichtung 1 weist einen ersten Strömungsweg 20 mit einem Strömungskanal 2 zur Führung des Luftstromes $\dot{m}_L$ auf. Der zweite Strömungsweg 20 ist in vorteilhafter Weise modular, d.h. aus mehreren zusammenfügbaren Teilstücken ausgeführt. Zur hochdynamischen Steuerung des Luftstromes $\dot{m}_L$ ist der erste Strömungsweg 20 so ausgeführt, dass der Luftstrom $\dot{m}_L$ entweder normal über das Prüfobjekt 7 oder über einen ersten Bypass-Strömungsweg 3 schnell in die Umgebung abgeführt werden kann. In einer vorteilhaften Ausführung weist der erste Bypass-Strömungsweg 3 eine Bypass-Öffnung 3a auf, welche in einem abgewinkelten Teilstück des Strömungskanals 2 des ersten Strömungsweges 20 angeordnet ist.

[0038] Zur Steuerung des Luftmassenstroms $\dot{m}_L$ ist in Fig. 3 die erste Umschalteneinrichtung 4 durch einen beweglich gelagerte Drehschieber 4a gebildet, welcher über eine nicht weiter dargestellte geeignete Stelleinrichtung (Elektromotor, Hydraulik- / Pneumatik-Zylinder) verstellt werden kann. Der Drehschieber 4a ist so ausgeführt, dass er in einer ersten Stellung die Bypass-Öffnung 3a geschlossen wird und der Luftstrom $\dot{m}_L$ über das Prüfobjekt 7 geführt wird. In einer zweiten Stellung wird der Luftstrom $\dot{m}_L$ über die Bypass-Öffnung 3a des ersten Bypass-Strömungsweges 3 - hier in die Umgebung - geführt, wobei der Strömungskanal 2 in Richtung des Prüfobjektes 7 verschlossen wird. Des Weiteren sind Leiteinrichtungen 5 für den Luftstrom vorgesehen. Dabei kann die Leiteinrichtung 5 zum Beispiel durch Leitbleche oder Strömungsgitter gebildet sein oder auch aus mehreren Komponenten bestehen. Die Leiteinrichtung 5 kann an der ersten Umschalteneinrichtung 4 selbst und/oder als eigene Einheit nach der ersten Umschalteneinrichtung 4 ausgeführt sein können. Zur Erzeugung des Luftmassenstroms $\dot{m}_L$ ist eine erste Fördereinrichtung 6 in Form eines elektrischen Gebläses, dass in der Drehzahl veränderlich ist, vorgesehen. Der Sekundärströmungsweg (30) für das Fluid weist eine zweite Fördereinrichtung

tung 8 auf, welche in Form einer Förderpumpe ausgebildet ist, die einen Fluidstrom $\dot{m}_F$ erzeugt.

[0039] Des Weiteren ist eine zweite Konditioniereinrichtung 11 vorgesehen, welche in Fig. 3 sowohl eine Heizeinrichtung 11a als auch eine Kühleinrichtung 11b aufweist. Mittels der zweiten Konditioniereinrichtung 11 kann über die schnelle zweite Umschalteneinrichtung 10 dem Fluid-Kreislauf des zweiten Strömungsweges 30 Wärme hinzugeführt oder entzogen werden. Die Kühleinrichtung 11b ist in einer bevorzugten Ausführung als Wärmeübertrager mit Anschluss an eine Hauswasserkühlung ausgeführt. Die Heizeinrichtung 11a kann als Kessel mit einem Heizelement ausgeführt sein oder als Wärmeübertrager mit Anschluss an eine Wärmequelle. Es existieren Temperatursensoren TS und Durchflusssensoren F, die für die Steuerung der Mischung notwendig sind. Zudem existiert eine Luftfeuchtemesseinrichtung H. Des Weiteren ist eine Mess- und Automatisierungseinrichtung 12 vorgesehen, mit der die Messwerte der verschiedenen Messeinrichtungen TS, F, H, p erfasst werden können und die Fördereinrichtungen 6, 8, die Stelleinrichtungen der Umschalteneinrichtung 4, 10, und die Konditioniereinrichtungen 9, 11 gesteuert werden können. Als Messeinrichtungen sind Temperaturmesseinrichtungen TS_k (Widerstandssensoren, Thermoelemente) zur Erfassung der Ein- und Austrittstemperatur des Wärmeübertragers, Durchflussmesseinrichtungen F zum Erfassen der Ströme des ersten Mediums und zweiten Mediums und Druckmesseinrichtungen p zum Ermitteln der primärseitigen und sekundärseitigen Differenzdrücke des das Prüfobjekt 7 bildenden Wärmeübertragers vorgesehen. Für die Messeinrichtungen gilt, dass sie über eine niedrige Ansprechzeit verfügen.

[0040] Zur Bestimmung der Temperaturverteilung am Wärmeübertrager wird dieser typischerweise mit einer Vielzahl von Temperaturmessstellen TS_w versehen, z.B. je 30 Temperatursensoren an Vor- und Rückseite. Mit der gegenständlichen Prüfeinrichtung 1 ist es möglich, mit einer geringen Anzahl an Temperaturmessstellen auf die Temperaturverteilung zu schließen. Dazu kann der das Prüfobjekt 7 bildende Wärmeübertrager selbst zusätzlich mit wenigstens fünf Temperatursensoren TS_w an geeigneten Stellen (Rändern, Mitte) bestückt sein, wie in Fig. 4 schematisch dargestellt ist. Diese befinden sich in einer Ebene, z.B. an der Vorderseite des Wärmeübertragers. Es ist denkbar, dass sich in einer weiteren Ebene z.B. an der Rückseite zusätzlich wenigstens fünf Temperatursensoren TS_w befinden. Über das Mess- und Automatisierungssystem 12 kann dann über ein Modell an einer beliebigen Stelle des Wärmeübertragers die Temperatur als virtuelle Messstelle V bestimmt werden. Im Falle eines einfachen Modells kann zum Beispiel die Temperatur der virtuellen Messstelle V durch Interpolation der Temperatursensoren TS_w erfolgen.

[0041] Die Fig. 5, 6 und 7 zeigen mögliche Ausführungsvarianten der ersten Umschalteneinrichtung 4, die eine schnelle Umschaltung des Luftstroms vom Strömungskanal 2 auf den ersten Bypass-Strömungsweg 3 ermöglichen. In Fig. 5 ist die erste Umschalteneinrichtung 3 als Drehschieber 4a, in Fig. 6 als Klappe 4b, und in Fig. 7 als Linearschieber 4c ausgebildet. Damit jeweils der nicht notwendige Kanal verschlossen wird, müssen Strömungskanal 2 und erster Bypass-Strömungsweg 3 entsprechend angepasst werden.

[0042] In den Fig. 8, 9 und 10 sind verschiedene Ausführungsvarianten von zweiten Umschalteneinrichtungen 10 für eine schnelle Fluidumschaltung gezeigt. In Fig. 8 ist die zweite Umschalteneinrichtung 10 als 3/2-Wegeventil 10a ausgeführt. In der in Fig. 9 dargestellten weiteren Ausführungsvariante ist die zweite Umschalteneinrichtung 10 als Verdrängerpumpe 10b ausgeführt. In der in Fig. 10 dargestellten dritten Ausführung ist die zweite Umschalteneinrichtung 10 durch ein 4/2-Wegeventil 10c gebildet, über welches die Fluidströmung durch die Heizeinrichtung 11a, durch die Kühleinrichtung 11b und durch den zweiten Bypass-Strömungsweg 13 geschaltet werden kann.

[0043] Fig. 11 zeigt ein stationäres Kennfeld 14 eines Wärmeübertragers wie es mit einer konventionellen Prüfeinrichtung 101 ermittelt wird. Dabei ist der Wärmestrom $\dot{q}$ über dem Luftstrom $\dot{m}_L$ und dem Fluidstrom $\dot{m}_F$ aufgetragen.

[0044] In Fig. 12 ist ein Temperaturverlauf 15 mit Sprungantworten auf eine eingangsseitige Temperatur-Sprungfunktion T_{ideal} für einen (primär- oder sekundärseitigen) Kreis des Wärmeübertragers dargestellt. Es werden die Temperaturen T_{vor} vor dem Wärmeträger und die Tempe-

peraturen T_{nach} nach dem Wärmeübertrager gezeigt. Damit ist es nun möglich das dynamische Übertragungsverhalten von Wärmeüberträgern zu charakterisieren und die thermischen Trägheiten und Laufzeiten abzuleiten (transiente Charakteristika). Mit der beschriebenen erfindungsgemäßen Prüfeinrichtung 1 kann also das stationäre und auch das transiente Verhalten eines Luft- Wasser -Wärmeübertragers sowohl primärseitig auf der Luftseite, als auch Sekundärseitig auf der Fluidseite ermittelt werden, da Luftstrom $\dot{m}_L$ (erster Massenstrom des ersten Mediums) und Fluidstrom $\dot{m}_F$ (zweiter Massenstrom des zweiten Mediums) schnell variiert werden können, so dass dann daraus die für eine Wärmeübertrager-Simulation notwendigen Modellparameter abgeleitet werden können.

[0045] Mit der erfindungsgemäßen Prüfeinrichtung 1 kann sowohl auf der Luft- als auch der Wasserseite ein Sprung des Wärmestroms vorgegeben werden und damit die Sprungantwort des Wärmeübertragers zu ermittelt werden Aus der Sprungantwort lassen sich in bekannter Weise transiente Charakteristika des Prüfobjektes bestimmen.

[0046] Des Weiteren besteht das Problem einer genauen, hochdynamischen Temperaturbestimmung. Widerstandssensoren sind prinzipbedingt langsam und hochgenau. Thermoelemente sind schnell, allerdings mit einem Offset, also einem systematischen Messfehler, versehen. Fig. 13 zeigt dazu einen Temperaturverlauf 16 mit Sprungantworten für zwei Temperatursensoren, nämlich eines schnellen Temperatursensors TS_{schnell} und eines langsamen Temperatursensors TS_{langsam} , wobei die Sprungantwort auf eine eingangsseitige Temperatur-Sprungfunktion T_{ideal} für den schnellen, offsetbehafteten Temperatursensor TS_{schnell} mit T_{schnell} und die Sprungantwort für den langsamen, hochgenauen Temperatursensor TS_{langsam} mit T_{langsam} bezeichnet sind. Zur hochgenauen, dynamischen Temperaturmessung werden in der erfindungsgemäßen Prüfeinrichtung 1 ein schneller, offsetbehafteter Temperatursensor und ein langsamer, hochgenauer Temperatursensor TS_{langsam} miteinander kombiniert. In einer bevorzugten Ausführung können Temperaturmesseinrichtungen TS_k insbesondere für den Ein- und Ausgang eines Wärmeüberträgerkreises mit zwei Temperatursensoren, einem schnellen, offsetbehafteten Temperatursensoren TS_{schnell} (z.B. Thermoelement) sowie einem langsamen, genauen Temperatursensor TS_{langsam} (z.B. Widerstandssensor) ausgeführt sein.

[0047] Fig. 14 zeigt, wie durch ein geeignetes Modell G_k der beiden Temperaturmesswerte T_{langsam} und T_{schnell} es möglich ist, einen hochgenauen, schnellen Temperaturwert T_k zu erhalten, der dem Wert eines idealen Sensors nahekommt. Beispielhaft aber nicht ausschließend seien die Möglichkeit der Offsetkorrektur des schnellen Temperatursensors TS_{schnell} und die Kompensation der Zeitkonstanten des langsamen Temperatursensors TS_{langsam} durch ein inverses Sensormodell oder der Einsatz eines Kalman-Filters in Kombination mit der Sensorik genannt.

[0048] Die Erfindung wurde zwar an einem Luft-Wasser-Wärmeübertrager nicht einschränkend erläutert, für eine Übertragung auf einen Luft-Luft-Wärmeübertrager oder einen Wasser-Wasser-Wärmeübertrager ist die Ausführung der Primär- und Sekundärseite entsprechend auszuführen. Für Untersuchungen an Luft-Luft-Wärmeübertragern die zur Anwendung als Ladeluftkühler vorgesehen sind, kann es zweckmäßig sein den Kühlluftpfad zur Charakterisierung wie dargestellt auszuführen und den Ladeluftpfad über einen Verbrennungsmotor mit Abgasurbolader zu beaufschlagen.

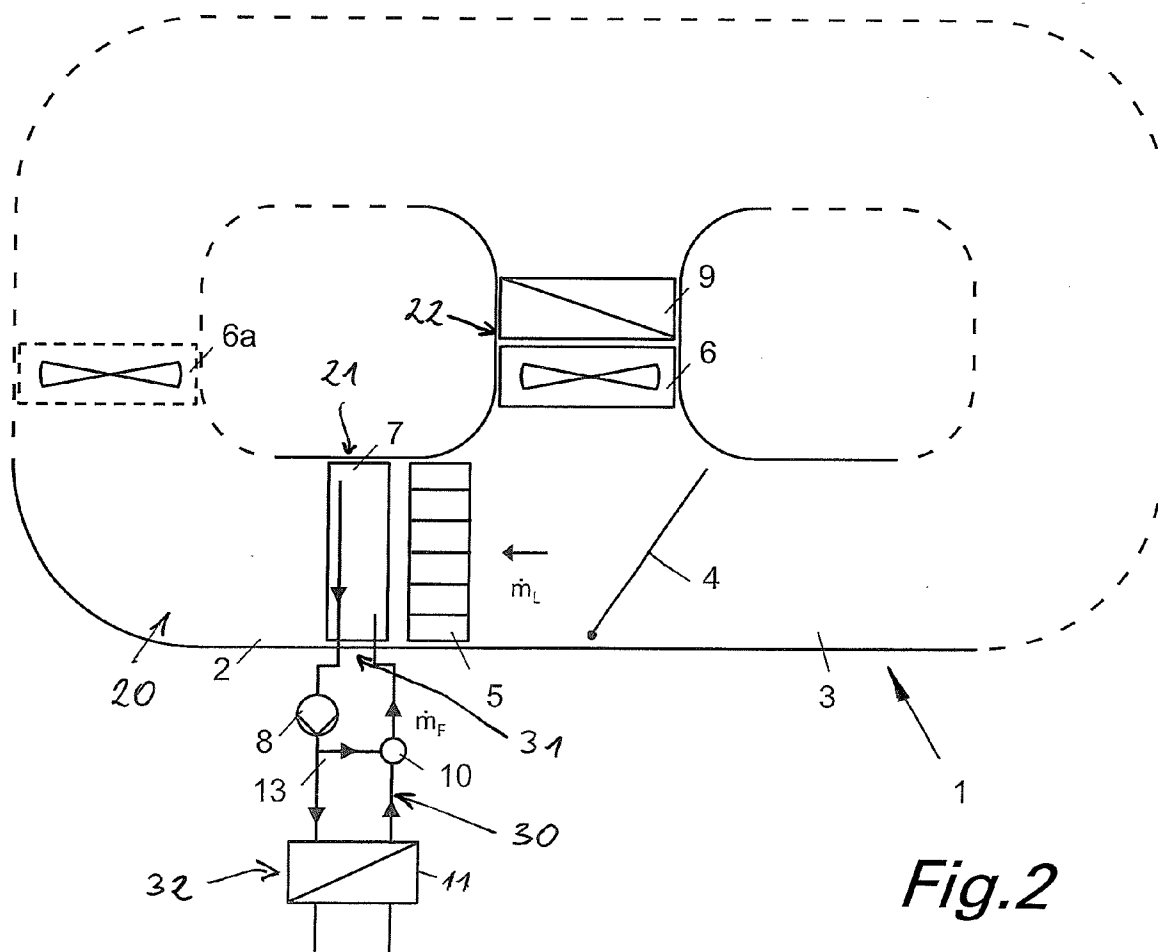
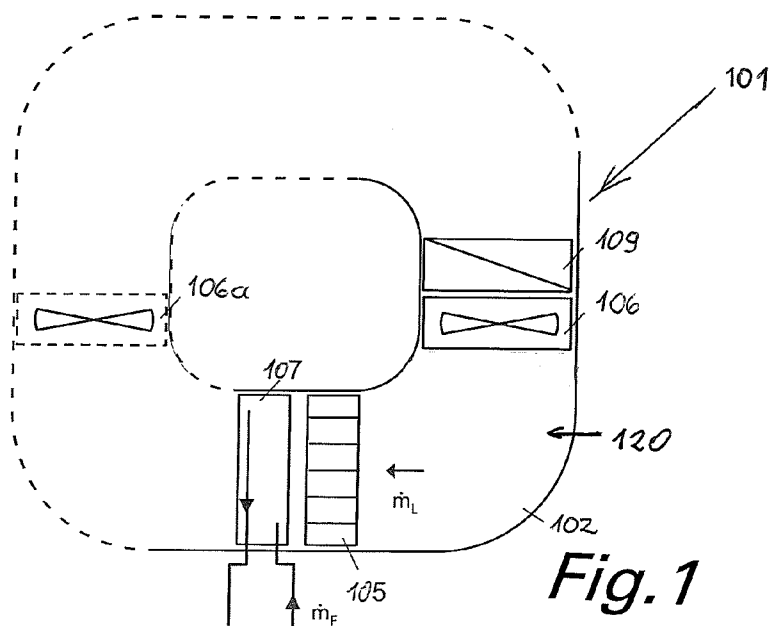
Ansprüche

1. Prüfeinrichtung (1) zum Ermitteln des dynamischen thermischen Verhaltens eines durch einen Wärmeüberträger, insbesondere einen Luft/Wasser-Wärmeüberträger, gebildeten Prüfobjektes (7), mit einem ein erstes Medium - vorzugsweise Luft - führenden Primärströmungsweg (20), welcher einen ersten Prüfobjektbereich (21) zur Aufnahme des Prüfobjektes (7) oder zum Anschließen einer Primärseite des Prüfobjektes (7) und zumindest einen ersten Konditionierbereich (22) mit einer ersten Konditioniereinrichtung (9) und/oder einer ersten Fördereinrichtung (6) aufweist, und einem ein zweites Medium - vorzugsweise Fluid - führenden Sekundärströmungsweg (30), welcher einen zweiten Prüfobjektbereich (31) zum Anschließen einer Sekundärseite des Prüfobjektes (7) und zumindest einen zweiten Konditionierbereich (32) mit einer zweiten Konditioniereinrichtung (11) aufweist, wobei der erste Massenstrom ($\dot{m}_L$) des ersten Mediums und/oder der zweite Massenstrom ($\dot{m}_F$) des zweiten Mediums veränderbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Konditionierbereich (22) über einen durch eine erste Umschalteneinrichtung (4) steuerbaren ersten Bypass-Strömungsweg (3) und/oder der zweite Konditionierbereich (32) über einen durch eine zweite Umschalteneinrichtung (10) steuerbaren zweiten Bypass-Strömungsweg (13) umgehbar sind/ist.
2. Prüfeinrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Umschalteneinrichtung (4, 10), vorzugsweise beide Umschalteneinrichtungen, durch eine hochdynamische Umschalteneinrichtung gebildet ist/sind.
3. Prüfeinrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die hochdynamische Umschalteneinrichtung (4, 10) ein Ansprechverhalten mit einer Sprungantwort von maximal 200 Millisekunden, vorzugsweise maximal 100 Millisekunden, besonders vorzugsweise maximal 50 Millisekunden aufweist.
4. Prüfeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Umschalteneinrichtung (4) einen Drehschieber (4a), eine Klappe (4b) oder einen Linearschieber (4c) aufweist.
5. Prüfeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Primärströmungsweg (20), vorzugsweise im Bereich der ersten Umschalteneinrichtung (4), besonders vorzugsweise fest mit der ersten Umschalteneinrichtung (4) verbunden, zumindest eine Strömungsleiteinrichtung (5) angeordnet ist.
6. Prüfeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Bypass-Strömungsweg (3) eine Bypass-Öffnung (3a) im Primärströmungsweg (20) aufweist, wobei vorzugsweise die Bypass-Öffnung (3a) im Bereich einer Krümmungsaußenseite eines gekrümmten Abschnittes des Primärströmungsweges (20) angeordnet ist.
7. Prüfeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Umschalteneinrichtung (10) zumindest ein 3/2 Wegeventil (10a), zumindest Verdrängerpumpe (10b) oder zumindest ein 4/2 Wegeventil (10c) aufweist.
8. Prüfeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Konditioniereinrichtung (9) zumindest eine Temperiereinrichtung und zumindest eine Feuchtigkeitsreguliereinrichtung aufweist.
9. Prüfeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Konditioniereinrichtung (11) zumindest eine Heizeinrichtung (11a) und zumindest eine Kühleinrichtung (11b) aufweist.
10. Prüfeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Primärströmungsweg (20) modular ausgeführt ist und zumindest zwei lösbar miteinander verbundene Teilstücke aufweist.
11. Prüfeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Prüfeinrichtung (1) mit zumindest einer kombinierten Messeinrichtung (TS_k) ausgestattet ist, welche einen schnellen Temperatursensor (TS_{schnell}) und einen langsamen Tempera-

tursensor (TS_{langsam}) aufweist.

12. Verfahren zum Ermitteln des dynamischen thermischen Verhaltens eines durch einen Wärmeüberträger, insbesondere einen Luft/Wasser-Wärmeüberträger, gebildeten Prüfobjektes (7), welches auf einer Primärseite durch ein konditioniertes erstes Medium und auf einer Sekundärseite durch ein konditioniertes zweites Medium durchströmt oder überströmt wird, mit einer Prüfeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Medium durch eine erste Umschaltvorrichtung (4) gesteuert wird und in einer ersten Schaltstellung der ersten Umschalteinrichtung (4) stromaufwärts des Prüfobjektes (7) durch eine erste Konditioniereinrichtung (9) geführt und dabei konditioniert wird, und in einer zweiten Schaltstellung der ersten Umschalteinrichtung (4) an der ersten Konditioniereinrichtung (9) unkonditioniert vorbeigeführt wird, und/oder dass das zweite Medium durch eine zweite Umschaltvorrichtung (10) gesteuert wird und in einer ersten Schaltstellung der zweiten Umschalteinrichtung (10) stromaufwärts des Prüfobjektes (7) durch eine zweite Konditioniereinrichtung (11) geführt und dabei konditioniert wird, und in einer zweiten Schaltstellung der zweiten Umschalteinrichtung (10) an der zweiten Konditioniereinrichtung (11) unkonditioniert vorbeigeführt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Umschalteinrichtung (4, 10), vorzugsweise beide Umschalteinrichtungen, hochdynamisch zwischen den beiden Schaltstellungen umgeschaltet werden, und dass das dynamische thermische Verhalten des Prüfobjektes (7) aus einer Sprungantwort des Prüfobjektes (7) auf die hochdynamische Umschaltung ermittelt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim hochdynamischen Umschalten zumindest eine Umschalteinrichtung (4, 10) mit einer Sprungfunktion beaufschlagt wird, wobei die Sprungantwort der Umschalteinrichtung (4, 10) auf die eingangsseitige Sprungfunktion maximal 200 Millisekunden, vorzugsweise maximal 100 Millisekunden, besonders vorzugsweise maximal 50 Millisekunden beträgt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein - vorzugsweise durch ein Thermoelement gebildeter - schneller Temperatursensor (TS_{schnell}) und ein - vorzugsweise durch einen Widerstandssensor gebildeter - langsamer Temperatursensor (TS_{langsam}) in zumindest einem Prüfobjektbereich (21, 31) der Prüfeinrichtung (1) positioniert werden, und dass zumindest eine Umschalteinrichtung (4, 10) - vorzugsweise beide Umschalteinrichtungen - hochdynamisch zwischen den beiden Schaltstellungen umgeschaltet werden, und dass das dynamische thermische Verhalten des schnellen Temperatursensors (TS_{schnell}) und des langsamen Temperatursensors (TS_{langsam}) aus einer Sprungantwort (T_{schnell}) des schnellen Temperatursensors (TS_{schnell}) und einer Sprungantwort (T_{langsam}) des langsamen Temperatursensors (TS_{langsam}) auf die hochdynamische Umschaltung ermittelt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Basis des dynamischen Verhaltens des schnellen Temperatursensors (TS_{schnell}) und des langsamen Temperatursensors (TS_{langsam}) ein rechnerisches Modell (G_k) für eine kombinierte Temperaturmessseinrichtung (TS_k) ermittelt wird, wobei vorzugsweise ein Offset (T_{Offset}) des schnellen Temperatursensors (TS_{schnell}) korrigiert und eine Zeitkonstante des langsamen Temperatursensors (TS_{langsam}) kompensiert wird.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen



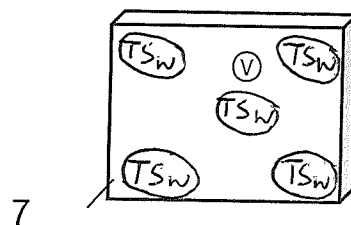
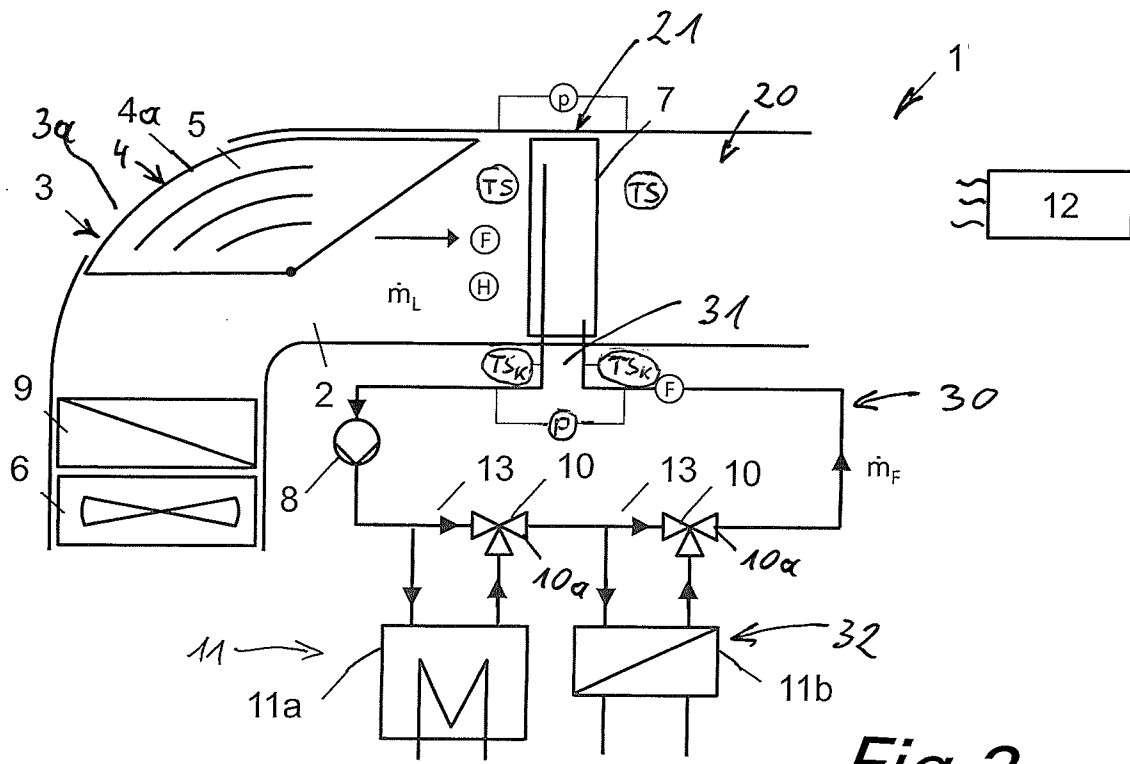
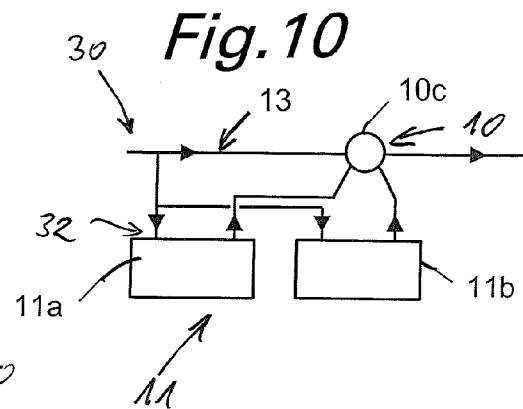
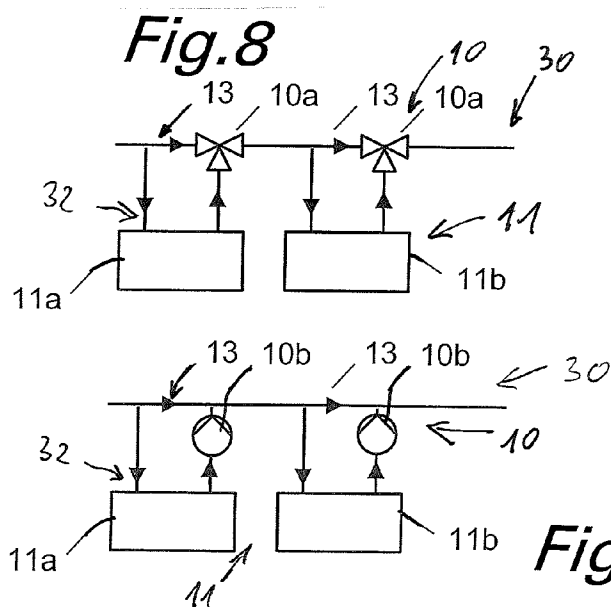
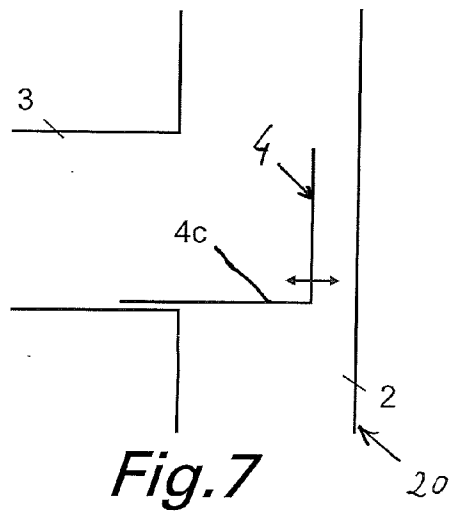
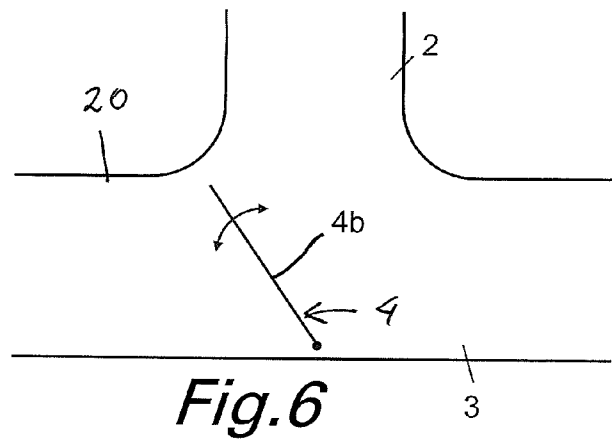
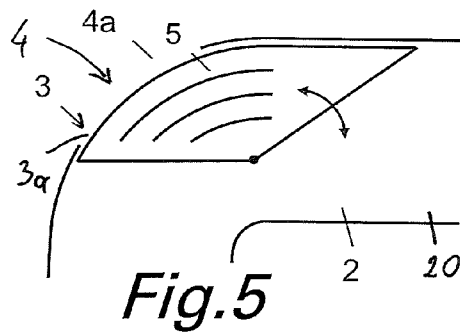
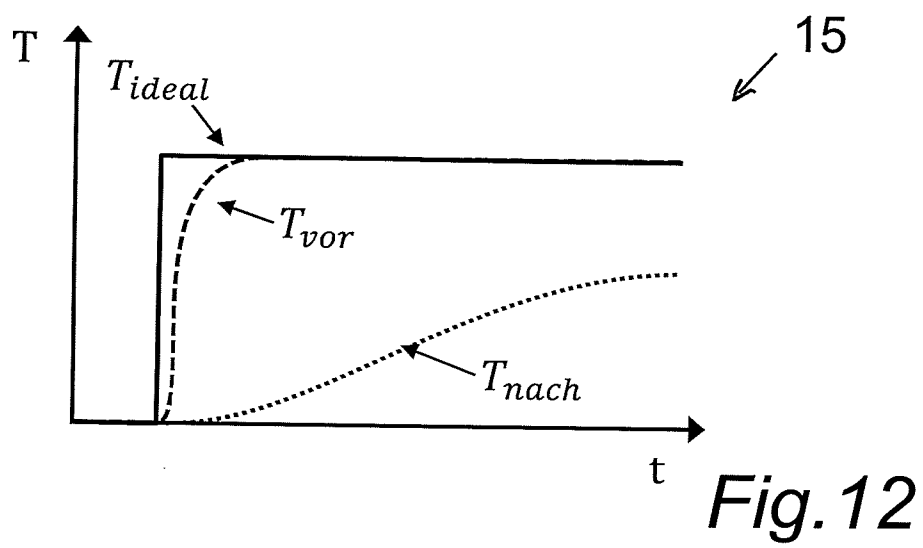
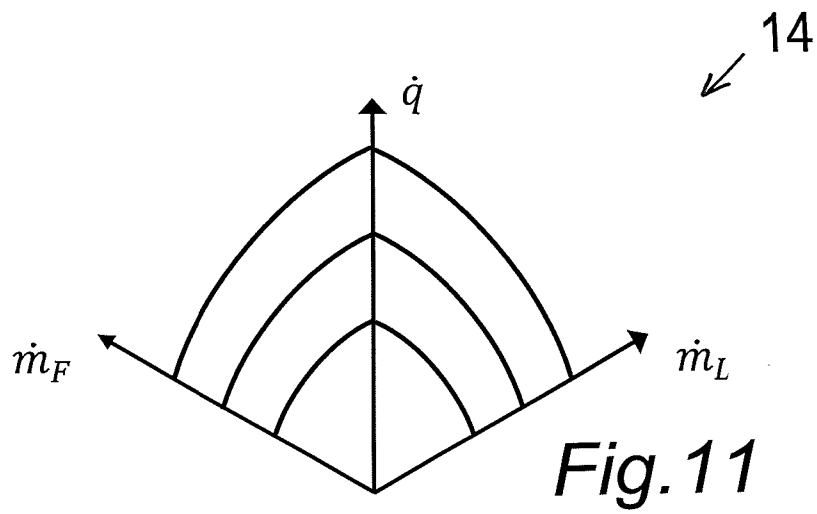


Fig. 4





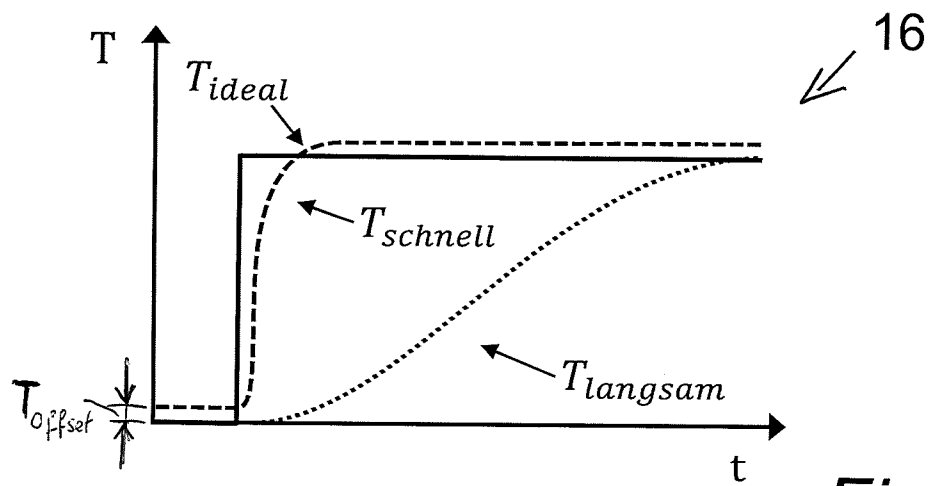


Fig.13

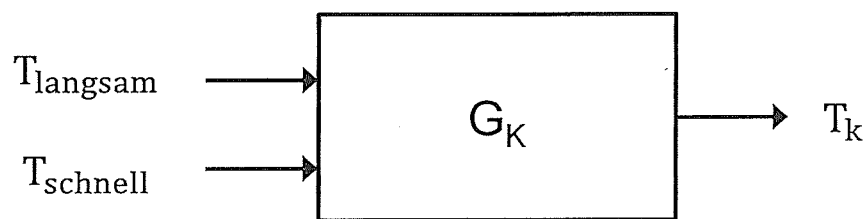


Fig.14

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G01K 17/00 (2006.01); **G01K 17/06** (2006.01); **G01M 3/32** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G01K 17/00 (2016.05); **G01K 17/06** (2017.08); **G01M 3/3227** (2013.01); **F28F 2200/00** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
G01K, G01M, F28F

Konsultierte Online-Datenbank:
EPOQUE Fulltext, NPL

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **27.08.2018** eingereichten Ansprüchen **1 - 16** erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungs- datum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	CN 202582925 U (WANG YAHUI) 05. Dezember 2012 (05.12.2012) Gesamtes Dokument, s. die Maschinenübersetzung auf www.espacenet.com	1 - 16
A	CN 202119617 U (UNIV SHANGHAI ENG SCIENCE) 18. Januar 2012 (18.01.2012) Gesamtes Dokument, s. die Maschinenübersetzung auf www.espacenet.com	1 - 16
A	DE 10 2010 012 321 A1 (DAIMLER AG) 04. August 2011 (04.08.2011) Absatz [0016] - [0021], [0025] - [0029]; fig. 1	1 - 16
A	EP 2 889 354 A1 (INDIAN OIL CORP LTD) 01. Juli 2015 (01.07.2015) gesamtes Dokument	1 - 16
A	WO 2016/188635 A1 (LINDE AG) 01. Dezember 2016 (01.12.2016) Seiten 9 - 25; fig. 1 - 14	1 - 16
A	WO 2005/106375 A1 (SIEMENS AG) 10. November 2005 (10.11.2005) gesamtes Dokument	1 - 16

Datum der Beendigung der Recherche:
07.02.2019

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

BAUER Heinrich

¹⁾ **Kategorien** der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmel-
gegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf
erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht
als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Ver-
öffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser
Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen**
Fachmann naheliegend ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach**
dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem
ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch
nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage
stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.