



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**20.04.2011 Patentblatt 2011/16**

(51) Int Cl.:  
**F28D 7/16 (2006.01) F28F 27/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **09012697.0**

(22) Anmeldetag: **07.10.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA RS**

(72) Erfinder:  
• **Bohle, Jürgen**  
**60596 Frankfurt am Main (DE)**  
• **Heinz, Günter**  
**65618 Selters (DE)**  
• **Brehm, Lothar**  
**61138 Niederdorfelden (DE)**

(71) Anmelder: **Lurgi GmbH**  
**60439 Frankfurt am Main (DE)**

(54) **Abhitzekeessel und Verfahren zur Abkühlung von Synthesegas**

(57) Ein Abhitzekeessel zur Abkühlung heißer Synthesegase, bei dem innerhalb eines zylindrischen Mantels (11) eine Vielzahl von Wärmeübertragungsrohren (4) und ein Bypassrohr (3) angeordnet sind, und der mittels Wasser gekühlt wird, ist dadurch gekennzeichnet, dass das Auslassende des Bypassrohres in ein in die Auslasskammer hineinragendes, abknickendes Mündungsstück (7) einmündet, dessen Mittellinie mit der Längsachse des Abhitzekeessels einen Abknickwinkel  $\alpha$  ein-

schließt, wobei das Ende des Mündungsstückes mit einer Verschlussvorrichtung (8) ausgestattet ist. Die aus Mündungsstück und Verschlussvorrichtung bestehende Baugruppe wird bevorzugt aus einem keramischen, korrosionsresistenten Werkstoff gefertigt und kann bei Bedarf als Ganzes ersetzt werden. Durch Anwendung des erfindungsgemäßen Abhitzekeessel wird Korrosion durch "metal dusting" weitgehend vermieden. Eine Kühlung des Mündungsstückes und der Verschlussvorrichtung entfällt.

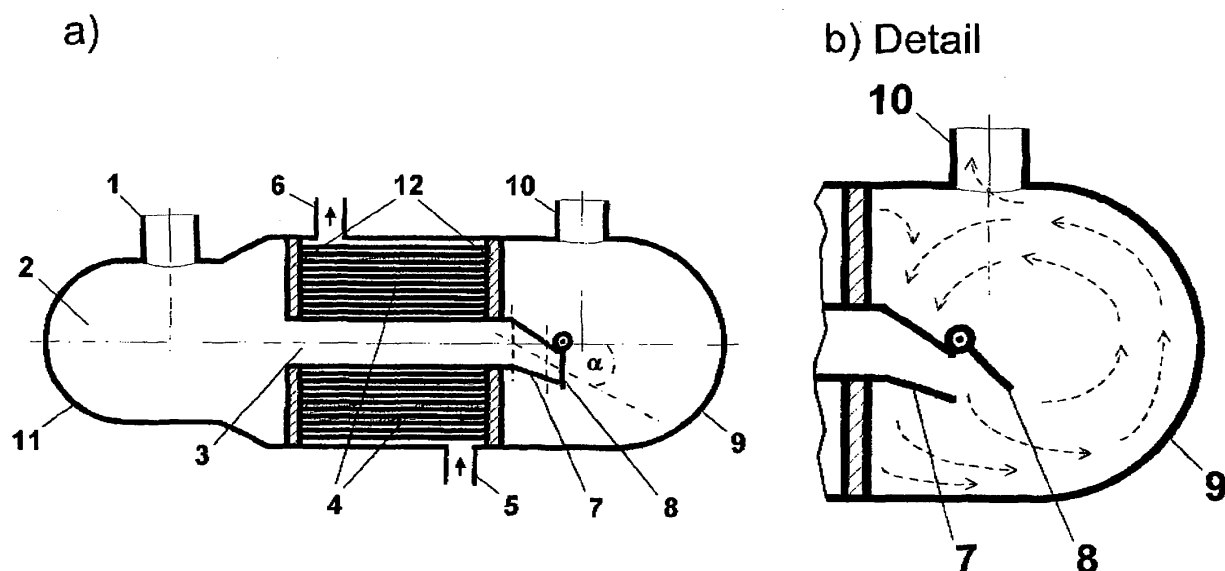


Fig. 1

## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Abhitzekessel und ein Verfahren zum geregelten Kühlen von heißen Gasen. insbesondere betrifft die Erfindung einen Abhitzekessel und ein Verfahren zum geregelten Kühlen von Synthesegas, das mittels Dampfpreformieren (Steamreforming) oder autothermem Reformieren erzeugt wurde.

### Stand der Technik

**[0002]** Bei vielen Gaserzeugungsanlagen, insbesondere bei nach dem Steamreforming-Verfahren oder dem autothermen Reformierungsverfahren gaserzeugenden Anlagen, treten bei höheren Gastemperaturen, insbesondere im Bereich von 820° C bis hinunter zu 520° C in den Gaserzeugungsanlagen selbst und in den diesen nachgeschalteten Wärmetauschern Korrosionsprobleme an den verwendeten metallischen Werkstoffen auf, z. B. beim Steamreforming-Verfahren, wenn ein gewisses CO<sub>2</sub>/CO/H<sub>2</sub>O-Verhältnis erreicht wird. Dies gilt sowohl für ferritische als auch für austenitische Stähle. Diese unter dem Begriff "metal dusting" bekannte Materialabtragung führt zu einer Aufzehrung bzw. Zerstörung des Materials und es gibt nur beschränkt die Möglichkeit, über Materialzusammensetzung dieser Korrosion zu widerstehen.

**[0003]** Bei Abhitzekesseln, die zum Kühlen der heißen Gase einer Gaserzeugungsanlage verwendet werden, ist es an sich bekannt, zum Einstellen einer bestimmten Endtemperatur der gekühlten Gase zwischen der Gaseinlasskammer des Wärmetauschers und der Gasauslasskammer ein direktes Überströmen (Bypass) der heißen Gase in die von der Heizfläche des Wärmetauschers gekühlten Gase zu ermöglichen. Beispielsweise ist bei dem in der Offenlegungsschrift DE 3302304 A1 beschriebenen Wärmetauscher in der von einem Behältermanteiabschnitt gebildeten Gasauslasskammer eine Einlasskammer angeordnet. Die Gaseinlasskammer weist eine mit der Gasauslasskammer verbundene Öffnung und eine Regeleinrichtung auf, über die der Öffnung eine veränderbare Teilmenge der eintretenden Gase zuführbar ist. Bei dem bekannten Wärmetauscher wird das Innere der U-Rohre mit dem abzukühlenden Gas beaufschlagt. Bei dem bekannten Wärmetauscher werden somit die Metallteile der Regeleinrichtung direkt mit dem heißen Gas beaufschlagt. Somit ist die bekannte Anordnung nicht für das Kühlen von Gasen geeignet, wenn infolge der Gaszusammensetzung und/oder der hohen Temperatur die oben unter dem Begriff "metal dusting" beschriebene Materialabtragung auftreten kann.

**[0004]** Im Stand der Technik finden sich unterschiedliche Lösungen zur Ausführung von Abhitzekesseln, die zur Abkühlung heißer Synthesegase geeignet sein sollen und mit denen die oben beschriebene metal dusting-Pro-

blematik vermieden werden soll.

**[0005]** So lehrt die europäische Patentanmeldung EP 0356648 A1 einen Abhitzekessel mit einer Einlasskammer, einem Bündel von Wärmetauscherrohren, einem das Rohrbündel etwa mittig und parallel durchsetzenden Bypassrohr und einer Auslasskammer, bei dem innerhalb der Auslasskammer ein Mischrohr angeordnet ist, das direkt mit dem Austrittsstutzen für das gekühlte Synthesegas und dem Bypassrohr verbunden ist. Die Stellung einer oder mehrerer innerhalb der Mischkammer angeordneten, mechanisch betätigter Steuerplatten bestimmt die Mengenanteile an über die Wärmetauscherrohre strömendem, gekühltem Gas und durch das Bypassrohr stömendem, ungekühltem Gas und somit die Mischtemperatur des Produktgases. Zur Vermeidung von Korrosionserscheinungen, wie dem oben diskutierten „metal dusting“, werden alle medienberührten Teile innerhalb des Mischrohres aus korrosionsresistenterem Material gefertigt oder mit einer Ausmauerung versehen. Nachteilig ist hierbei, dass der Austausch des Mischrohres im Falle eines Verschleißes oder aufgrund von Korrosion kostenaufwendig ist, da es sich um ein vergleichsweise großes Bauteil handelt, das vollständig aus einem hochresistenten Werkstoff gefertigt sein muss, und dessen Demontage zudem zeitaufwendig sein dürfte und mit langen Anlagenstillständen verbunden ist. Ferner ist aufgrund der Regelung der Produktgastemperatur mit Steuerplatten und der Geometrie des Mischrohres zu erwarten, dass eine lange Zeit für die Durchmischung von gekühltem und heißem Gasstrom benötigt wird. Insbesondere im Falle einer laminaren Strömung im Gasaustrittsstutzen besteht somit die Gefahr, dass heiße Gasstrahlen aus dem Bypassrohr in die nachgeschalteten Anlagenteile durchschlagen und dort zu Beschädigungen führen. Diese Gefahr besteht auch bei mechanischem Versagen der Steuerplatten.

**[0006]** In der deutschen Patentanmeldung DE 102005057674 A1 wird ein Abhitzekessel beschrieben, der ebenfalls eine Einlasskammer, ein Bündel von Wärmetauscherrohren, ein das Rohrbündel durchsetzendes Bypassrohr und eine Auslasskammer aufweist. Hier erfolgt die Einstellung der Mischtemperatur des Produktgases innerhalb der Auslasskammer, wobei ein mittels Gestänge axial verstellbarer Stopfen verwendet wird, der das in die Auslasskammer hineinragende, sich kegelförmig erweiternde Auslassende des Bypassrohres verschließt. Je nach Stellung des Stopfens ändert sich die Größe des Ringspalts zwischen seiner Außenfläche und der Innenfläche des Auslassendes des Bypassrohres, somit die Mengenanteile an über die Wärmetauscherrohre strömendem, gekühltem Gas und durch das Bypassrohr stömendem, ungekühltem Gas und schließlich die Mischtemperatur des Produktgases. Nachteilig ist hierbei, dass die Verschlussvorrichtung entweder aus hochkorrosionsbeständigem, teurem Material oder aber, wie als vorteilhafte Ausgestaltung vorgeschlagen, mittels Kühlmedium gekühlt werden muss. Der Ausfall des Kühlmediums führte somit zur Zerstörung der Verschlussvor-

richtung. Ferner ist auch bei dieser Lösung zu befürchten, dass es zur Bildung heißer Gasstrahlen des Bypassgases kommt; dies dürfte insbesondere für die Anteile des Bypassgases gelten, die über den Ringspalt in Richtung zum Gasaustrittsstutzen entweichen. Diese Strahlen können auch die Innenwand der Auslasskammer erreichen, so dass dort Korrosion mittels "metal dusting" auftreten kann, was wiederum zu unerwünschten kurzen Wartungsintervallen bzw. zu einer kürzeren Lebensdauer des Abhitzekekessels führt.

**[0007]** Insgesamt ist daher festzustellen, dass bislang keine wirklich befriedigende technische Lösung zur Ausgestaltung eines zur Abkühlung heißer Synthesegase einsetzbaren Abhitzekekessels gefunden wurde, der sich durch Vermeidung von Korrosionserscheinungen, wie dem oben diskutierten „metal dusting“, sowie eine gute Vermischung des gekühlten Gasanteils mit dem über das Bypassrohr strömenden Gasanteils zur Vermeidung heißer Gasstrahlen auszeichnet.

### Beschreibung der Erfindung

**[0008]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, einen Abhitzekekessel zur Abkühlung von Synthesegas zur Verfügung zu stellen, der die beschriebenen Nachteile vermeidet.

**[0009]** Die vorstehend genannte Aufgabe wird mit der Erfindung durch einen Abhitzekekessel gelöst,

- der innerhalb eines zylindrischen Mantels eine Vielzahl von Wärmeübertragungsrohren und ein Bypassrohr umfasst, die jeweils ein Einlassende und ein Auslassende aufweisen,
- der einen Einlass zum Einleiten von Wasser auf der Mantelseite der Rohre umfasst,
- der einen Einlass und eine Einlasskammer zum Einleiten eines heißen Gasstromes in das Einlassende der Rohre umfasst, wobei der Gasstrom durch die Wärmeübertragungsrohre hindurchgeleitet und dabei in indirektem Wärmeaustausch mit Wasser auf der Mantelseite gekühlt wird, wobei das Wasser mindestens teilweise verdampft wird,
- der einen Auslass zum Ableiten von erzeugtem Wasser/Dampf und einen Auslass sowie eine Auslasskammer zum Ableiten des gekühlten Abgasstroms umfasst,

und der dadurch gekennzeichnet ist, dass das Auslassende des Bypassrohres in ein in die Auslasskammer hineinragendes, abknickendes Mündungsstück einmündet, dessen Mittellinie mit der Längsachse des Abhitzekekessels einen Winkel  $\alpha$  einschließt, wobei das Ende des Mündungsstückes mit einer Verschlussvorrichtung ausgestattet ist.

**[0010]** Durch Verwendung des erfindungsgemäßen Abhitzekekessels zur Abkühlung heißer Synthesegase wird eine Korrosion innerhalb der Auslasskammer durch „metal dusting“ vermieden, da der über das By-

passrohr strömende, ungekühlte Gasanteil auf eine etwa kreisförmige Bahn innerhalb der Auslasskammer gelenkt wird, wodurch eine rotierende Strömung erzeugt wird. Diese sorgt für eine gute Durchmischung des gekühlten und des ungekühlten Gasanteils, so dass der für das Auftreten von Korrosionserscheinungen relevante Temperaturbereich rasch und vor Auftreffen von Gasanteilen auf die Behälterinnenwand in der Auslasskammer durchlaufen wird. Für die Konstruktion der Auslasskammer können daher Materialien mit normaler Korrosionsbeständigkeit verwendet werden.

### Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung

**[0011]** Besonders bevorzugt wird die Ausrichtung des abknickenden Mündungsstückes so gewählt, dass dieses von der Position des Synthesegas-Auslasses weitmöglichst weggerichtet ist. Hierdurch wird der für die Durchmischung von heißen und kalten Gasanteilen zur Verfügung stehende Weg bzw. die Durchmischungszeit verlängert, wodurch deren Durchmischung weiter verbessert und die Gefahr der Bildung heißer Gasstrahlen minimiert wird.

**[0012]** Die genaue Größe des Winkels  $\alpha$  zwischen der Längsachse des Abhitzekekessels und der Mittellinie des Mündungsstückes ist von der Geometrie des Abhitzekekessels, insbesondere der der Auslasskammer abhängig. Bei üblichen Ausführungen des Abhitzekekessels und der Auslasskammer werden Winkel zwischen  $0^\circ$  und  $45^\circ$  bevorzugt.

**[0013]** Eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Abhitzekekessels sieht vor, dass das Bypassrohr innerhalb des Mantels etwa axial-zentrisch angeordnet ist. Diese Lösung bietet konstruktive und mechanische Vorteile gegenüber einer nicht-axialzentrischen Anordnung des Bypassrohres innerhalb des Mantels sowie des Wärmetauscher-Rohrbündels.

**[0014]** Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird das Mündungsstück und/oder die Verschlussvorrichtung aus einem keramischen Werkstoff gefertigt. Bei Verwendung dieses Werkstoffes entfällt die Gefahr einer Korrosion innerhalb des Mündungsstückes durch „metal dusting“. Vorteilhaft ist zudem, dass hierdurch auf eine Kühlung des Mündungsstückes und der Verschlussvorrichtung verzichtet werden kann, wie sie im Stand der Technik bei Ausführung entsprechender Bauteile aus Metall beschrieben wird.

**[0015]** Überraschenderweise wurde gefunden, dass eine besonders gute Durchmischung der heißen und kalten Gasanteile erhalten wird, wenn das Mündungsstück als schiefer Hohlkegelstumpf ausgebildet ist. Diese geometrische Ausgestaltung bewirkt neben der oben beschriebenen rotierenden Strömung auch eine Beschleunigung des heißen Gasanteils vor Austritt aus dem Bypassrohr, wodurch die Durchmischung der heißen und kalten Gasanteile noch verstärkt wird.

**[0016]** Besonders bevorzugt bilden Mündungsstück und die Verschlussvorrichtung eine einheitliche Bau-

gruppe, die als Ganzes ausgetauscht werden kann. Im Revisionsfalle kann diese kompakte Baugruppe über eine Zugangsöffnung in der Wand der Auslasskammer einfach und rasch ausgetauscht werden, wodurch die Zeitdauer der Außerbetriebnahme des Abhitzekessels minimiert wird.

**[0017]** Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Abhitzekessels sieht vor, dass die Verschlussvorrichtung als Verschlussklappe ausgebildet ist, die mittels einer durch die Behälterwand geführten Welle betätigt wird. Vorteilhaft ist es, wenn die Verschlussklappe so angeordnet wird, dass das Schließen der Verschlussklappe schwerkraftbedingt selbsttätig erfolgen kann. Im Falle eines Versagens der Betätigung ist damit sichergestellt, dass das Synthesegas vollständig durch das Rohrbündel geführt wird und damit gekühlt den Abhitzekessel verlässt.

**[0018]** Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Abkühlung heißen Synthesegases, das gekennzeichnet ist durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Abhitzekessels. Die gewünschte Gasaustrittstemperatur wird dabei durch eine entsprechende Größe der Betätigung der Verschlussvorrichtung, beispielsweise der Stellung der Verschlussklappe, eingestellt. Zur Messung der Temperatur dient eine innerhalb der Auslasskammer angebrachte Temperaturmesseinrichtung. Die Betätigung der Verschlussvorrichtung kann dann manuell oder mittels einer automatischen Regelung erfolgen. Die gemessene Temperatur wirkt bei automatischer Regelung als Führungsgröße über eine Regeleinrichtung auf die Größe der Betätigung der Verschlussvorrichtung, beispielsweise auf die Stellung der Verschlussklappe.

**[0019]** Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und der Zeichnung. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination die Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

**[0020]** Es zeigt die einzige Figur schematisch einen Abhitzekessel zum Kühlen heißer Synthesegase gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in schematischer Darstellung im Längsschnitt. Der Abhitzekessel weist einen Mantel 11 auf, der eine Vielzahl von als Rohrbündel ausgeführten Wärmeübertragungsrohren 4 und ein axial-zentrisch angeordnetes Bypassrohr 3 umhüllt, wobei die Rohre 3, 4 an deren Einlass- und Auslassenden von Rohrendplatten 12 eingefasst werden, so dass innerhalb des Mantels 11 sowie zwischen den eintritts- und austrittsseitigen Rohrendplatten 12 ein Hohlraum zum Durchleiten eines Kühlmediums entsteht. In diesem Hohlraum findet zwischen dem durch die Wärmeübertragungsrohre 4 geleiteten Synthesegas und dem eingeführten Kühlmedium ein indirekter Wärmeaustausch statt, wobei das Kühlmedium Wärme von dem heißen Synthesegas aufnimmt. Als Kühlmedium kommt dabei bevorzugt Wasser zum Einsatz, das beim Aufhei-

zen teilverdampft wird. Das als Kühlmedium verwendete Wasser wird dem Abhitzekessel über Einlass 5 aufgegeben; das beim Kühlen durch Teilverdampfung erzeugte Dampf/Wasser-Gemisch wird über Auslass 6 abgeleitet. Vorteilhafterweise wird der dabei erzeugte Dampf als Hochdruckdampf in anderen Prozessen eingesetzt. Der auf der Seite des Einlasses 1 des zu kühlenden Synthesegases zwischen Mantel 11 und eintrittsseitiger Rohrendplatte 12 gebildete Hohlraum wird als Einlasskammer 2 bezeichnet. Der auf der Seite des Auslasses 10 des gekühlten Synthesegases zwischen Mantel 11 und austrittsseitiger Rohrendplatte 12 gebildete Hohlraum wird als Auslasskammer 9 bezeichnet.

**[0021]** Das Bypassrohr 3 weist bevorzugt einen größeren Durchmesser auf als die Wärmeübertragungsrohre und kann über seine Länge ganz oder teilweise wärmeisoliert sein, um über das Bypassrohr 3 gegebenenfalls heißes, über Einlass 1 in den Abhitzekessel eintretendes Synthesegas ohne wesentliche Wärmeabgabe an das Kühlmedium strömen zu lassen.

**[0022]** Mit dem Austrittsende des Bypassrohres ist mit Hilfe geeigneter Verbindungsmittel, bevorzugt einer Flanschverbindung, ein Mündungsstück 7 verbunden, das mittels einer Verschlussvorrichtung 8 gegenüber der Auslasskammer 9 verschlossen werden kann. Das Mündungsstück hat bevorzugt die Form eines schiefen Hohlkegestumpfes mit etwa kreisförmiger Basis. Die Mittellinie des Mündungsstückes schließt mit der Längsachse des Abhitzekessels den Abknickwinkel  $\alpha$  ein. Die Mittellinie wird dabei als Gerade definiert, die den Mittelpunkt der Basis des schiefen Hohlkegestumpfes sowie den Mittelpunkt einer parallel dazu verlaufenden, von der Innenkontur des schiefen Hohlkegestumpfes eingeschlossenen, gedachten Hilfsfläche schneidet.

**[0023]** Durch die geometrische Ausgestaltung des Mündungsstückes 7 als schiefer Hohlkegestumpf wird die aus dem Bypassrohr 3 austretende Gasströmung des ungekühlten Synthesegas-Anteils von der Längsachse des Abhitzekessels weggelenkt und auf eine etwa kreisförmige Bahn innerhalb der Auslasskammer 9 abgelenkt, wie es in Fig 1 b) mittels Strömungspfeilen angedeutet wird. Hierdurch wird eine rotierende Strömung erzeugt, die für eine gute Durchmischung des gekühlten und des ungekühlten Gasanteils sorgt, so dass der für das Auftreten von Korrosionserscheinungen relevante Temperaturbereich rasch und vor Auftreffen von Gasanteilen auf die Innenwand des Mantels 11 in der Austrittskammer durchlaufen wird. Eine lokale Überhitzung der Mantelinnenwand in der Auslasskammer insbesondere am Schnittpunkt der Längsachse mit der Mantelinnenwand („hot spot“) in den Temperaturbereich, in dem metal dusting“ auftritt, wird vermieden. Für die Konstruktion der Auslasskammer können daher Materialien mit normaler Korrosionsbeständigkeit verwendet werden.

**[0024]** Ferner wird durch die Verjüngung des Mündungsstückes in Strömungsrichtung eine Beschleunigung der aus dem Bypassrohr austretende Gasströmung verursacht. Idealerweise wird - im Kompromiss mit dem

sich vergrößeren Druckverlust - die Austrittsgeschwindigkeit des Gases aus dem Mündungsstück soweit gesteigert, dass diese im turbulenten Bereich liegt. Hierdurch wird die Gasdurchmischung und die rasche Einstellung einer Mischtemperatur weiter verbessert.

**[0025]** Um den Weg des Gases in der Auslasskammer zu verlängern, sowie die Ausbildung einer rotierenden Strömung in der Auslasskammer zu fördern, wird die Ausrichtung des abknickenden Mündungsstückes in Weiterbildung der Erfindung bevorzugt so gewählt, dass dieses von der Position des Auslasses weitmöglichst weggerichtet ist. Dies entspricht einem eingeschlossenen Winkel von 180° zwischen der Mittellinie des Mündungsstückes und Position des Auslasses in Blickrichtung der Längsachse des Abhitzekessels. Hierdurch wird die Vermischung der heißen und kalten Anteile des Synthesegases optimiert. Ferner wird dadurch die Gefahr der Bildung heißer Gasstrahlen, die in nachgeschaltete Anlagenteile durchschlagen können, minimiert.

**[0026]** Für einen Abhitzekessel, der in seinen Proportionen dem in Fig. 1 schematisch dargestellten Abhitzekessel entspricht, haben Rechnungen zur Strömungssimulation einen Vorzugsbereich des Abknickwinkels  $\alpha$  von 0 bis 45° ergeben, wobei Abknickwinkel zwischen 20 und 40° besonders bevorzugt werden. Der genaue Wert des Abknickwinkels hängt sowohl von der Geometrie des Abhitzekessels als auch von den Gasgeschwindigkeiten der Synthesegasanteile durch die Rohre 3, 4 ab. Größere Abknickwinkel über 60° sind nicht empfehlenswert, da dann der ungekühlte Gasanteil zu steil auf die Innenwand des Mantels 11 auftrifft, so dass dort eine lokale Überhitzung („hot spot“) auftreten kann, in deren Folge die oben beschriebene „metal dusting“-Korrosion auftreten kann.

**[0027]** Das mechanische Design des erfindungsgemäßen Abhitzekessels ermöglicht eine spannungsarme mechanische Anbindung des Mündungsstücks und der Verschlussvorrichtung, wobei als Material für das Mündungsstück und die Verschlussvorrichtung korrosionsunempfindliche Keramik gewählt werden kann. Die Auswahl nichtmetallischer, z. B. keramischer Werkstoffe für die Verschlusskonstruktion gestattet einen korrosionsfreien Betrieb, unabhängig von der lokal herrschenden Mischtemperatur. Die Kühlung entfällt und Kühlmedien, beispielsweise Prozessgas, werden eingespart. Besonders vorteilhaft ist es, Mündungsstück und Verschlussvorrichtung als gemeinsame Baugruppe anzufertigen, so dass ein rascher Austausch der kompletten Baugruppe im Reparaturfall in modularer Form durch eine Zugangsöffnung (nicht dargestellt in Fig. 1) erfolgen kann.

**[0028]** Bei dem in Fig. 1 schematisch dargestellten Ausführungsbeispiel dient eine schwenkbare Verschlussklappe als Verschlussvorrichtung, die mittels einer durch den Mantel 11 durchgeführten, in Blickrichtung auf Fig. 1 angeordneten Welle betätigt werden kann. Die Betätigung der Verschlussklappe über die Welle kann manuell oder mittels Motorantrieb erfolgen. Vorteilhafterwei-

se wird die Verschlussklappe so angeordnet, dass sie im Falle eines Versagens der Betätigung selbsttätig, z. B. schwerkraftgetrieben, schließt. Im Falle eines Versagens der Betätigung ist damit sichergestellt, dass das Synthesegas vollständig durch das Rohrbündel geführt wird und damit gekühlt den Abhitzekessel verlässt.

## Gewerbliche Anwendbarkeit

**[0029]** Mit der Erfindung wird somit ein verbesserter Abhitzekessel zur Abkühlung heißer Synthesegase zur Verfügung gestellt, der sich durch robuste, einfache Ausführung, geringe Störungsanfälligkeit, Wartungsfreundlichkeit, Betriebssicherheit sowie lange Betriebsintervalle auszeichnet. Die Verschlussvorrichtung wird ungekühlt betrieben, das Kühlmittel entfällt. Im Falle eines Versagens der Betätigung der Verschlussvorrichtung ist durch schwerkraftbedingtes, selbsttätiges Schließen sichergestellt, dass das Synthesegas vollständig durch das Rohrbündel geführt wird und damit gekühlt den Abhitzekessel verlässt.

## Bezugszeichenliste

<b>[0030]</b>	
1	Einlass Gas
2	Einlasskammer
3	Bypassrohr
4	Wärmeübertragungsrohre
5	Einlass Wasser
6	Auslass Wasser/Dampf
7	Mündungsstück
8	Verschlussvorrichtung
9	Auslasskammer
10	Auslass Gas
11	Mantel
12	Rohrendplatte

## Patentansprüche

1. Abhitzekessel, der innerhalb eines etwa zylindrischen Mantels eine Vielzahl von Wärmeübertragungsrohren und ein Bypassrohr umfasst, die jeweils ein Einlassende und ein Auslassende aufweisen,

- der einen Einlass zum Einleiten von Wasser auf der Mantelseite der Rohre umfasst,
- der einen Einlass und eine Einlasskammer zum Einleiten eines heißen Gasstromes in das Einlassende der Rohre umfasst, wobei der Gasstrom durch die Wärmeübertragungsrohre hindurchgeleitet und dabei in indirektem Wärmeaustausch mit Wasser auf der Mantelseite gekühlt wird, wobei das Wasser mindestens teilweise verdampft wird,
- der einen Auslass zum Ableiten von erzeugtem Wasser/Dampf und einen Auslass sowie eine Auslasskammer zum Ableiten des gekühlten Abgasstroms umfasst,

5

10

15

**dadurch gekennzeichnet, dass** das Auslassende des Bypassrohres in ein in die Auslasskammer hineinragendes, abknickendes Mündungsstück einmündet, dessen Mittellinie mit der Längsachse des Abhitzekessels einen Abknickwinkel  $\alpha$  einschließt, wobei das Ende des Mündungsstückes mit einer Verschlussvorrichtung ausgestattet ist.

20

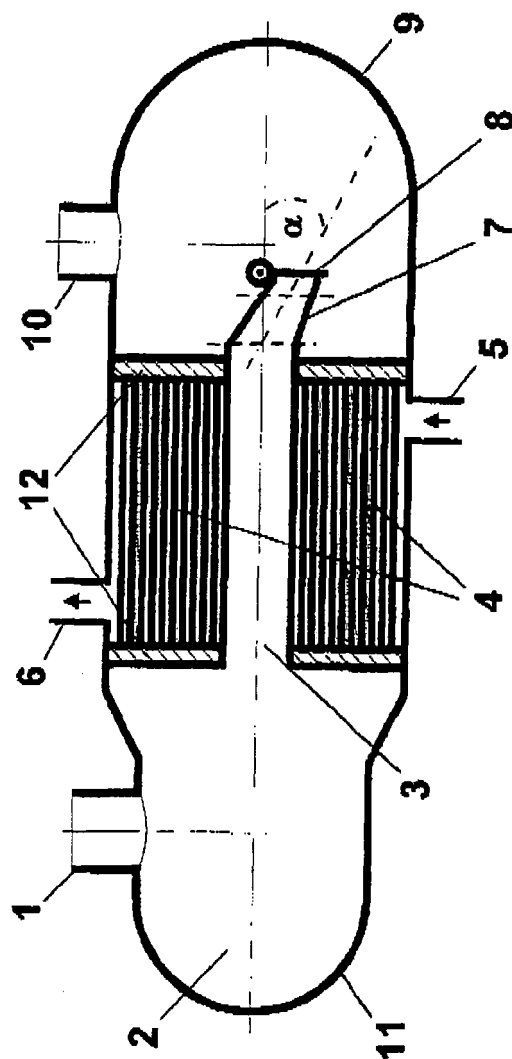
2. Abhitzekessel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausrichtung des abknickenden Mündungsstückes so gewählt wird, dass dieses von der Position des Auslasses weitmöglichst weggerichtet ist. 25
3. Abhitzekessel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abknickwinkel  $\alpha$  zwischen  $0^\circ$  und  $45^\circ$  beträgt. 30
4. Abhitzekessel nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bypassrohr innerhalb des Mantels etwa axial-zentrisch angeordnet ist. 35
5. Abhitzekessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mündungsstück und/oder die Verschlussvorrichtung aus einem keramischen Werkstoff gefertigt ist. 40
6. Abhitzekessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mündungsstück als schiefer Hohlkegelstumpf ausgebildet ist. 45
7. Abhitzekessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mündungsstück und die Verschlussvorrichtung eine Baugruppe bilden, die als Ganzes ausgetauscht werden kann. 50
8. Abhitzekessel nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschlussvorrichtung als Verschlussklappe ausgebildet ist. 55

9. Abhitzekessel nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschlussklappe mittels einer durch die Behälterwand geführten Welle betätigt wird.

10. Abhitzekessel nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schließen der Verschlussklappe schwerkraftbedingt selbsttätig erfolgen kann.

11. Verfahren zur Abkühlung von heißem Synthesegas, **gekennzeichnet durch** die Verwendung eines Abhitzekessel nach Anspruch 1 bis 10, wobei die Abhitzekessel-Gasaustrittstemperatur **durch** die Stellung der Verschlussklappe geregelt wird.

a)



b) Detail

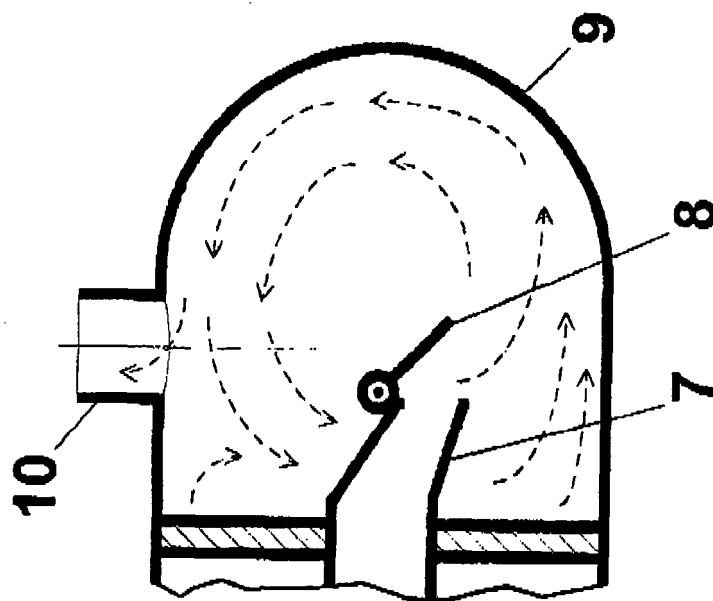


Fig. 1



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 09 01 2697

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,D	EP 1 793 189 A (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 6. Juni 2007 (2007-06-06) * Abbildung 1 *	1-4	INV. F28D7/16 F28F27/02
A	EP 1 498 678 A (BORSIG GMBH [DE]) 19. Januar 2005 (2005-01-19) * Abbildung 1 *	1-11	
D,A	EP 0 356 648 A (BORSIG GMBH [DE]) 7. März 1990 (1990-03-07) * Abbildung 1 *	1-11	
D,A	DE 33 02 304 A1 (BORSIG GMBH [DE]) 26. Juli 1984 (1984-07-26) * Abbildung 1 *	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F28D F28F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. März 2010	Prüfer Martínez Rico, Celia
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 09 01 2697

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-03-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1793189 A	06-06-2007	CN 1982802 A	20-06-2007
		DE 102005057674 A1	06-06-2007
		JP 2007155328 A	21-06-2007
		US 2007125317 A1	07-06-2007
EP 1498678 A	19-01-2005	AT 338931 T	15-09-2006
		DK 1498678 T3	22-01-2007
		ES 2271434 T3	16-04-2007
EP 0356648 A	07-03-1990	DE 3828034 A1	22-02-1990
		JP 2075895 A	15-03-1990
		US 4993367 A	19-02-1991
DE 3302304 A1	26-07-1984	FR 2539862 A1	27-07-1984
		GB 2134240 A	08-08-1984
		IT 1213263 B	14-12-1989
		JP 5006115 B	25-01-1993
		JP 59138893 A	09-08-1984
		US 4561496 A	31-12-1985

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 3302304 A1 [0003]
- EP 0356648 A1 [0005]
- DE 102005057674 A1 [0006]