



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**18.03.2015 Patentblatt 2015/12**

(51) Int Cl.:  
**F22B 37/56<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **14183005.9**

(22) Anmeldetag: **01.09.2014**

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

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:  
 • **Koch, Klaus-Hinrich**  
**91757 Treuchtlingen (DE)**  
 • **Stadler, Hannes**  
**52428 Jülich (DE)**

(30) Priorität: **09.09.2013 DE 102013218012**

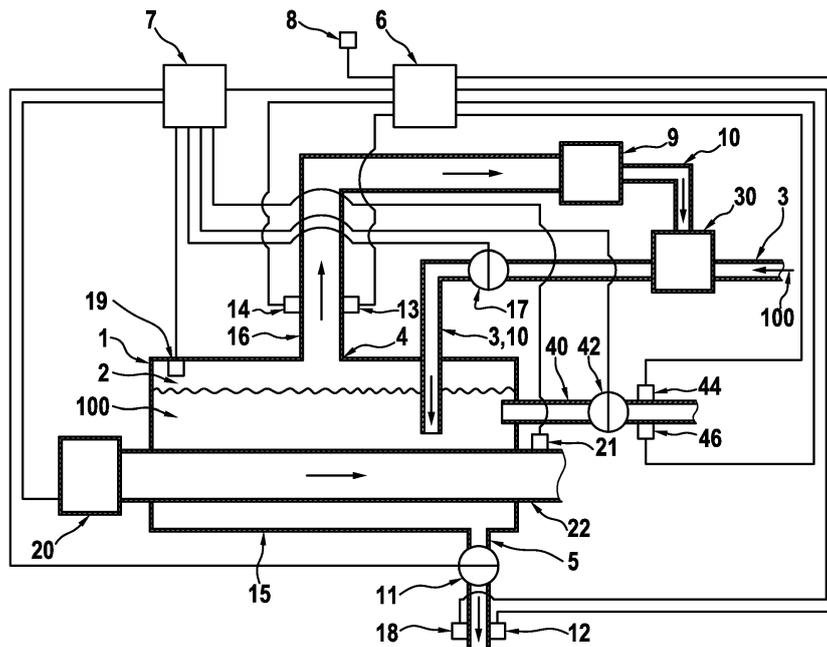
(54) **Verfahren zum Betrieb eines Dampfkessels und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Nachteilhaft am Stand der Technik ist, dass die Dampfkessel-effizienz aufgrund von Aufsatzung/Aufkonzentration von gelösten Komponenten in der Flüssigkeit und Ausschleusungen von aufkonzentrierter Flüssigkeit zur Reduktion der Aufkonzentration verringert ist. Ziel der Erfindung ist eine Effizienzsteigerung des Dampfkessels.

führung zum Zuführen von Flüssigkeit, einen Dampfausgang, eine Ausschleuseleitung zum Ausschleusen von Flüssigkeit aus dem Dampfkessel und eine Kesselsteuerung aufweist, wobei eine Analyseeinrichtung vorgesehen ist, mit der eine Aufzeichnung, Bearbeitung und Bewertung von wenigstens einem Zustandsparameter des Dampfkessels mittels wenigstens einer in der Analyseeinrichtung hinterlegten Regel erfolgt.

Die Erfindung betrifft daher ein Verfahren zum Betrieb eines Dampfkessels, der einen Innenraum, eine Zu-

**Fig. 1**



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Dampfkessels nach Patentanspruch 1 und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Patentanspruch 11.

**[0002]** Dampfkessel dienen der Erzeugung von Dampf, zum Beispiel für industrielle Anwendungen. Hierfür wird einem Dampfkessel, der bis auf Zu- und Ableitungen einen Innenraum druckdicht umschließt, eine Flüssigkeit zugeführt und diese innerhalb des Dampfkessels bis zur Siedetemperatur erwärmt. Der entstehende Dampf strömt anschließend aus dem Dampfkessel hinaus und wird für technische Anwendungen genutzt. Meist kondensiert der Dampf bei der technischen Anwendung oder einem nachgeschalteten Kondensator und wird als Flüssigkeit über entsprechende Einrichtungen zurück in den Dampfkessel geleitet.

**[0003]** Als Flüssigkeit wird Wasser eingesetzt. Die Verdampfung von Wasser führt innerhalb des Dampfkessels zu einer Aufkonzentration von gelösten Komponenten, welche nicht mitverdampfen. Nachteilhaft hieran ist, dass es zu einem Aufschäumen des Wassers im Kessel kommen kann und sich in der Folge die Feuchtigkeit des Dampfes erhöht. Dies kann die nachgeordnete technische Anwendung negativ beeinflussen, insbesondere hinsichtlich der Effizienz und Schäden. Außerdem führt die Aufkonzentration auch zu einem Absetzen von Komponenten, welche zu einem Bodensatz im Dampfkessel führen können. Dieser Bodensatz behindert dann den Wärmetransfer von einer Wärmequelle hin zu der Flüssigkeit im Dampfkessel, sodass die Effizienz des Dampfkessels sinkt. Dabei ist die Effizienz das Verhältnis zwischen aufgewendeter thermischer Leistung (eines Brenners) und abgeführter Nutzleistung (des Dampfes).

**[0004]** Der Aufkonzentration begegnet man im Stand der Technik durch eine regelmäßige bzw. intervallmäßige Abfuhr/Ausschleusung von Flüssigkeit aus dem Dampfkessel, bei gleichzeitiger Ergänzung mit frischer Flüssigkeit. Vorzugsweise wird dies in Form einer Ausschleusung am geodätisch unteren Ende des Dampfkessels bewirkt, sodass abgesetzte Komponenten, die sogenannte Verschlämzung, mit aus dem Dampfkessel abgezogen wird (Abschlämzung).

**[0005]** Nachteilhaft an einer Ausschleusung von Flüssigkeit aus dem Dampfkessel ist der damit verbundene Energieverlust, denn es wird bereits erwärmte Flüssigkeit abgeführt. Entsprechend wirken sich sowohl die Aufkonzentration als auch die Ausschleusung negativ auf die Effizienz des Dampfkessels aus.

**[0006]** Außerdem wird oftmals mehr Flüssigkeit ausgetauscht als notwendig und die Intervalllänge so kurz gewählt, dass eine Ausschleusung immer rechtzeitig erfolgt. Mithin wird durch die Ausschleusungen verhältnismäßig viel Energie verschwendet. Entsprechend um diese Energie verringert fällt die Effizienz des Dampfkessels aus.

**[0007]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die

Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen und ein Verfahren bereitzustellen, welches geeignet ist, die Effizienz eines Dampfkessels zu optimieren. Es soll dabei ökonomisch und ökologisch sinnvoll sowie auf einfache Weise durchführbar sein.

**[0008]** Erfindungsgemäß wird dies mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 11 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

**[0009]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Dampfkessels, der einen Innenraum, eine Zuführleitung zum Zuführen von Flüssigkeit, einen Dampfausgang, eine Ausschleuseleitung zum Ausschleusen von Flüssigkeit aus dem Dampfkessel und eine Kesselsteuerung aufweist, wobei eine Analyseeinrichtung vorgesehen ist, mit der eine Aufzeichnung, Bearbeitung und Bewertung von wenigstens einem (Zustands-)parameter (des Dampfkessels) mittels wenigstens einer in der Analyseeinrichtung hinterlegten Regel erfolgt.

**[0010]** Mithin ist erfindungsgemäß eine laufende Überwachung des einen Zustandsparameters möglich. Vorteilhaft hieran ist, dass anhand der Bewertung des Zustandsparameters Rückschlüsse auf die Effizienz des Dampfkessels möglich sind und Ausschleusungen gezielt terminiert werden können. Hierdurch ist die Effizienz des Dampfkessels steigerbar, was ökonomische und ökologische Vorteile mit sich bringt. Die Analyseeinrichtung übernimmt hierbei automatisiert und damit komfortabel die Überwachungsarbeit.

**[0011]** Die Ausschleuseleitung sollte am geodätisch unteren Ende, das heißt an der Kesselsohle, aus dem Dampfkessel ausmünden, damit abgesetzte Komponenten, der sogenannte Schlamm bzw. die Verschlämzung, aus dem Kessel abgezogen werden können.

**[0012]** Der Dampfkessel kann um eine Rückführleitung ergänzt sein, sodass der ausgeleitete Dampf nach einer technischen Anwendung wieder zurück in den Dampfkessel leitbar ist, vorzugsweise kondensiert als Flüssigkeit. Damit wird wenig Energie an die Umgebung abgegeben. Auch dies steigert die Effizienz des Dampfkessels. In der Rückführleitung ist vorzugsweise ein Vorlagegefäß angeordnet, in dem die Flüssigkeit zunächst gesammelt wird. In dieses Vorlagegefäß kann auch die Zuführleitung münden, sodass der Zufluss von frischer Flüssigkeit und Rückfluss älterer Flüssigkeit im Vorlagegefäß vermischt werden. Hinter dem Vorlagegefäß teilen sich die Zuführ- und Rückflussleitung dann einen gemeinsamen Leitungsabschnitt, der in den Dampfkessel einmündet.

**[0013]** Verfahrensgemäß sollte wenigstens ein Zustandsparameter aus folgenden mit der Analyseeinrichtung aufgezeichnet und/oder bearbeitet und/oder bewertet werden:

- die elektrische Leitfähigkeit der Flüssigkeit im Innenraum des Dampfkessels;
- die Dampfkesselleffizienz;
- der Kesselinnendruck;
- die Menge der ausgeschleusten Flüssigkeit;

- die Temperatur der ausgeschleusten Flüssigkeit;
- die Energie der ausgeschleusten Flüssigkeit;
- die Dampfmenge;
- die Dampftemperatur;
- die Dampffuchte;
- die erzeugte Dampfenergie (Nutzleistung);
- die Höhe der Flüssigkeitslinie;
- die Brennerleistung;
- die Brennstoffzufuhrmenge;
- die Brennereffizienz.

**[0014]** All diese Parameter lassen für sich oder in Kombination miteinander Rückschlüsse auf die Effizienz des Dampfkessels zu und helfen diese zu steigern. Am einfachsten detektierbar ist eine Aufkonzentration von Komponenten in der Flüssigkeit anhand der Leitfähigkeit der Flüssigkeit innerhalb des Dampfkessels, welche mit der Aufkonzentration korreliert. Hierüber lassen sich jedoch nur indirekt Rückschlüsse auf die Effizienz des Dampfkessels ziehen, die ungenau sein können. Vorzugsweise wird die Effizienz daher auf direkterem Wege mittels zugeführter und abgeführter Energiemengen bestimmt.

**[0015]** Zur Bewertung des Zustandsparameters sollten zusätzlich die Betriebszustände des Dampfkessels wie Ventilstellungen einbezogen werden, denn deren Schaltung löst oftmals Parameteränderungen aus, die gewollt bzw. systembedingt sind.

**[0016]** Da nahezu jeder Dampfkessel mit Peripherieeinrichtungen wie Brennern, Pumpen, Leitungen und Ventilen individuell zusammengesetzt ist, bietet sich eine Ergänzung des Verfahrens derart an, dass eine Regel für wenigstens einen Parameter in der Analyseeinrichtung eingepflegt wird. Regeln können je nach Art passiv, z.B. durch Tabellenbücher, gesetzt werden oder aber individuell aktiv bestimmt und gesetzt werden, insbesondere durch Bestimmungen im Betrieb des Dampfkessels. Eine Regel definiert sich dann vorzugsweise als Maximalabweichung des tatsächlichen Parameters von einer Sollvorgabe. Hinweise liefern dabei nicht nur die absoluten Parameterwerte, sondern auch deren Änderungsgeschwindigkeit. Langsame Änderungen resultieren meist aus langsamem Verschleiß oder Verschmutzung. Schnelle Änderungen sind meist die Folge von Betriebsänderungen durch die Kesselsteuerung, können jedoch auch für einen Defekt markant sein.

**[0017]** Lernprogramme zur Einrichtung eines Dampfkessels werden der individuellen Ausgestaltung von Dampfkesseln nebst Peripherieeinrichtungen am besten gerecht, weswegen eine verfahrensmäßige Ausgestaltung besonders günstig ist, bei welcher die Einpflege einer Regel für wenigstens einen Parameter in der Analyseeinrichtung mittels Durchführung eines Lernprogramms zur Einrichtung des Dampfkessels erfolgt.

**[0018]** Sowohl zunächst passiv gesetzte als auch durch Lernprogramme aktiv festgelegte Regeln können sich im Laufe des Betriebs als fehlerbehaftet erweisen. Passive Regeln berücksichtigen oftmals nicht alle relevanten Eigenarten des Dampfkessels und dessen Peri-

pherie. Aktiv gesetzte Regeln können aufgrund sich ändernder Umstände nicht mehr der tatsächlich vorliegenden Situation gerecht werden, z.B. bei einem Austausch des Brenners, einer Änderung des Brennstoffs oder der Zusammensetzung der verwendeten Flüssigkeit. Dem kann eine Ergänzung des Verfahrens abhelfen, bei welcher wenigstens eine eingepflegte Regel für einen Parameter in der Analyseeinrichtung ersetzt wird. Vorzugsweise kann für jede Regel einzeln bestimmt werden, ob sie ersetzt wird. Damit bleiben bereits gesammelte Daten, welche die nicht ersetzten Regeln betreffen, für die zukünftigen Analysen weiter verwertbar.

**[0019]** Weiterhin sieht eine nähere Ausgestaltung des Verfahrens vor, dass die Analyseeinrichtung eine Parameterprognose auf Basis aufgezeichneter und/oder bearbeiteter Parameterwerte erstellt. Vorteilhaft hieran ist, dass nicht nur der aktuelle Parameterwert des Dampfkessels überwacht wird, sondern auch zukünftige Entwicklungen vorhersagbar sind. Hierdurch sind automatische und manuelle Maßnahmen im Voraus plan- und terminierbar.

**[0020]** Zur Herbeiführung von Maßnahmen schlägt eine Variante der Erfindung vor, dass die Analyseeinrichtung ein Signal ausgibt, wenn ein Parameter oder dessen Parameteränderung eine definierte Regel verletzt. Durch den Empfänger des Signals können anschließend geeignete Gegenmaßnahmen ergriffen werden, um die Ursache der Regelverletzung zu beheben. Da ein Dampfkessel und dessen Peripherie aus zahlreichen Komponenten bestehen kann, welche ein Installateur miteinander koppelt, ist es gegebenenfalls notwendig, dem Installateur, dem Betreiber oder einem Servicedienstleister eine Meldung zukommen zu lassen, um manuell eingreifen zu können.

**[0021]** Eine solche Meldung kann gemäß einer speziellen Ausgestaltung des Verfahrens eine Ausgabe einer Warnung beinhalten, um vorbeugend auf ein prognostiziertes Ereignis (prognostizierte Regelverletzung) hinzuweisen. Oder aber es wird ein Alarm ausgegeben, um auf ein bereits eingetretenes Ereignis (tatsächliche Regelverletzung) hinzuweisen. Es bietet sich jeweils wenigstens eine Meldung auf der Dampfkesselsteuerung an. Zusätzlich kann bei gegebenen Hardwarevoraussetzungen ebenfalls eine Meldung per E-Mail und/oder SMS an den Betreiber und/oder den Kundendienst erfolgen.

**[0022]** Zur vereinfachten manuellen Fehleranalyse durch eine Person sieht eine Weiterentwicklung des Verfahrens vor, dass von der Analyseeinrichtung ein Parameterverlauf eines Parameters über der Zeit bis zu einem Zeitpunkt ausgegeben wird, bei welchem der Parameter oder dessen Parameteränderung eine Regel verletzt. Insbesondere bei einer graphischen Visualisierung des Parameterverlaufs über der Zeit kann eine geschulte Person auf einfache Weise eine Fehlerursache erkennen.

**[0023]** In einer speziellen Variante des Verfahrens wird von der Analyseeinrichtung als erster Parameter ein tatsächlicher Energieverlust bei einem Ausschleusen von

Flüssigkeit durch die Ausschleuseleitung bestimmt, wobei eine Durchflussmenge der ausgeschleusten Flüssigkeit über der Zeit bestimmt wird. Auf Basis zuvor ermittelter Energieverluste tatsächlicher Ausschleusungen wird anschließend eine Energieverlustprognose für eine weitere Ausschleusung über der Zeit erstellt. Des Weiteren wird eine aktuelle Kesseleffizienz bestimmt und eine Kesseleffizienzprognose über der Zeit unter Berücksichtigung der Energieverlustprognose erstellt. Nunmehr erfolgt eine Bestimmung des optimalen Zeitpunkts für die nächste Ausschleusung, indem die Kesseleffizienz unter Berücksichtigung der Energieverlustprognose maximiert wird. Anschließend löst die Analyseeinrichtung eine Ausschleusung zum bestimmten optimalen Zeitpunkt aus.

**[0024]** Vorteilhaft hieran ist, dass sowohl die sinkende Effizienz des Dampfkessels basierend auf einer Aufkonzentration als auch die Energieverluste bei einem Absenken der Konzentration durch ein Ausschleusen berücksichtigt werden. So wird eine maximale Effizienz des Dampfkessels über der Zeit erreicht. Die Effizienz des Dampfkessels nimmt nämlich mit steigender Aufkonzentration ab und die Energieverluste für eine Ausschleusung steigen gleichzeitig mit der Zeit. Letzteres insbesondere weil mit zunehmender Betriebsdauer mehr Flüssigkeit ausgeschleust werden muss, um die Konzentration an Komponenten in der Flüssigkeit im Kessel wieder zu reduzieren. Die Ausschleusungen sind nunmehr hinsichtlich der Effizienz des Dampfkessels optimal terminierbar. Mithin sind die Kosten und Emissionen des Dampfkesselbetriebs im Verhältnis zur Erzeugung einer angeforderten Nutzleistung gering. Das Verfahren ist außerdem automatisiert und damit einfach sowie komfortabel durchführbar.

**[0025]** Das Auslösen der Ausschleusung durch die Analyseeinrichtung erfolgt bevorzugt durch Übermittlung eines Signals an die Kesselsteuerung, welche die Ausschleusung durchführt, bevorzugt durch Ansteuern und Öffnen eines Ventils in der Ausschleuseleitung.

**[0026]** Gemäß einer näheren Ausgestaltung des Verfahrens führt die Analyseeinrichtung zum Bestimmen des (tatsächlichen) Energieverlustes bei einem Ausschleusen von Flüssigkeit durch die Ausschleuseleitung eine Bestimmung einer Temperatur der ausgeschleusten Flüssigkeit durch, vorzugsweise über der Zeit. Anschließend wird ein Enthalpiestrom basierend auf der Durchflussmenge und der Temperatur der ausgeschleusten Flüssigkeit berechnet. Der Enthalpiestrom über dem Zeitraum der Ausschleusung entspricht dem Energieverlust. Vorzugsweise erfolgt die Bestimmung der Temperatur unmittelbar hinter einem Ventil in der Ausschleuseleitung. Sofern eine Wärmerückgewinnung aus der ausgeschleusten Flüssigkeit vorgesehen ist, kann der Energieverlust um die rückgewonnene Energie bereinigt werden.

**[0027]** Eine alternative oder ergänzende Ausgestaltung des Verfahrens sieht zum Bestimmen des tatsächlichen Energieverlustes bei einem Ausschleusen von Flüssigkeit durch die Ausschleuseleitung eine Bestimmung

des Kesselinnendrucks vor. Anschließend erfolgt eine Berechnung eines Enthalpiestroms basierend auf der Durchflussmenge der ausgeschleusten Flüssigkeit und dem Kesselinnendruck. Über den Kesselinnendruck lässt sich die zugehörige Siedetemperatur der Flüssigkeit bestimmen. Damit kann eine Umrechnung der Durchflussmenge in einen Enthalpiestrom erfolgen. Hierfür ist ein ohnehin vorhandener Drucksensor mit der Analyseeinrichtung koppelbar.

**[0028]** Gemäß einer speziellen Ausgestaltung des Verfahrens wird die aktuelle Kesseleffizienz anhand einer mittleren Kesseleffizienz über einem definierten Zeitraum bestimmt. Damit wird das Ergebnis nicht durch Schwankungen verfälscht. Je nach Dampfkessel und dessen technischer Verwendung kann der Zeitraum kurz, z.B. nach Minuten, oder lang, z.B. nach Tagen, bemessen sein. Der definierte Zeitraum sollte jedoch (deutlich) kürzer sein als die Zeitspanne zwischen zwei Ausschleusungen. Zur Bestimmung der Kesseleffizienz können die zugeführte (thermische) Leistung und die abgeführte Nutzleistung bestimmt und ins Verhältnis zueinander gesetzt werden, insbesondere über den definierten Zeitraum.

**[0029]** Die zugeführte Leistung wird vorzugsweise durch eine Mengemessung des eingesetzten Brennstoffs, z.B. Gas oder Öl, vorgenommen. Ist keine Mengemesseinrichtung für diese Brennstoffmenge vorhanden, kann die zugeführte Leistung alternativ durch die sogenannte Brennerlastanforderung, welche den Vorgabewert der angeforderten Leistung angibt, bestimmt werden; dies insbesondere durch eine Skalierung der Brennerlastanforderung auf die tatsächliche Brennerleistung und eine Integration über den definierten Zeitraum.

**[0030]** Zur Bestimmung der Nutzleistung wird bevorzugt eine Mengemessung des Dampfes durchgeführt. Anschließend wird die über den definierten Zeitraum gemessene Dampfmenge mit der Enthalpiedifferenz zwischen Dampf und zu- bzw. rückgeführter Flüssigkeit über dem definierten Zeitraum integriert.

**[0031]** Alternativ eignet sich zur Bestimmung der Nutzleistung eine Mengemessung der zu- und/oder rückgeführten Flüssigkeit. Durch Multiplikation der gemessenen Flüssigkeitsmenge mit der Enthalpiedifferenz zwischen Dampf und rückgeführter Flüssigkeit sowie Integration über dem definierten Zeitraum erhält man ebenfalls die Nutzleistung.

**[0032]** Sollte keine Mengemesseinrichtung für den Dampf und/oder den Flüssigkeitszufluss vorhanden sein, bestehen folgende Alternativen zur Bestimmung der Nutzleistung:

- die zugeführte Flüssigkeitsmenge wird über eine Drehzahlvorgabe der zuführenden Pumpe, den Innendruck im Dampfkessel und die Pumpenkennlinie ermittelt; oder
- die zugeführte Flüssigkeitsmenge wird über eine Ventilstellung eines in der Zuführleitung positionierten Ventils, z.B. durch Position des Schrittmotors des

Ventils, sowie dem Innendruck im Dampfkessel und die Ventilkennlinie ermittelt; oder

- die zugeführte Flüssigkeitsmenge wird durch einfache Zweipunktregelung bestimmt, indem der Flüssigkeitsmassenstrom bei offenem Ventil gleich der Pumpennennleistung gesetzt wird.

**[0033]** Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Bestimmung des tatsächlichen Energieverlust bei einem Ausschleusen von Flüssigkeit durch die Ausschleuseleitung unter Einsatz eines ersten Temperaturfühlers im Bereich der Ausschleuseleitung zur Bestimmung der Temperatur der ausgeschleusten Flüssigkeit, vorzugsweise über der Zeit, und mittels eines zweiten Temperaturfühlers zur Bestimmung der Umgebungstemperatur des Dampfkessels erfolgt.

**[0034]** Des Weiteren kann das Verfahren dadurch ergänzt werden, dass zur Analyse eine Verzögerungszeit bestimmt wird, welche die Dauer zwischen einer Ventilschaltung in der Ausschleuseleitung und einen Anstieg der Temperatur am ersten Temperaturfühler um ein definiertes Maß angibt. Der erste Temperaturfühler sollte hierfür auf der dem Dampfkessel abgewandten Seite des Ventils angeordnet sein. Ist die Verzögerungszeit lang und der Druck im Dampfkessel im normalen Bereich, kann hierdurch auf eine korrekte Ventilfunktion und auf eventuelle Undichtigkeiten im Ventil geschlossen werden.

**[0035]** Darüber hinaus ist die Bestimmung eines maximalen Temperaturanstiegs möglich, welcher die Differenz zwischen der Temperatur des ersten Temperaturfühlers bei Ventilschaltung und maximal bei Ventilöffnung erreichter Temperatur angibt. Aus Veränderungen des Anstiegs können Verschmutzungen in der Ausschleuseleitung und im Ventil erkannt werden.

**[0036]** Ergänzende ist die Zeit zwischen Ventilschaltung und Zeitpunkt des Erreichens der maximalen Temperatur bei Ventilöffnung bestimmbar. Änderungen der Zeit lassen auf eine nicht mehr korrekte Ventilfunktion schließen.

**[0037]** Des Weiteren kann eine Abklingdauer bestimmt werden, die eine Dauer zwischen Erreichen des Temperaturmaximums bei Öffnungsstellung des Ventils und Absinken der Temperatur am ersten Temperaturfühler um eine definierte Temperaturdifferenz bei Geschlossenstellung des Ventils angibt, wobei die definierte Temperaturdifferenz zwischen dem Temperaturmaximum und der Umgebungstemperatur liegt. Die ausgeschleuste Flüssigkeit kühlt mit einem bestimmten Temperaturprofil in der Leitung ab. Ändert sich das Profil, z.B. ist die Abkühlung langsamer, lässt sich damit auf eine Undichtigkeit des Ventils schließen.

**[0038]** Mit Hilfe der so bestimmten Parameter können Rückschlüsse auf die Menge an ausgeschleusten Komponenten gemacht werden. Die Ausschleusung kann damit so gestaltet werden, dass möglichst wenig Flüssigkeit aus dem Dampfkessel ausgeschleust wird. Entsprechend wenig Energie geht verloren. Zur Gestaltung der

Ausschleusung können die Öffnungsstellungen und Öffnungszeiten des Ventils in der Ausschleuseleitung variiert werden.

**[0039]** Ferner sieht eine Weiterbildung der Erfindung vor, dass eine Kesselverschmutzung bestimmt wird, nämlich durch Ermittlung eines Verhältnisses zwischen einer Brennerlastvorgabe- oder rückmeldung und einer Abgastemperatur einer Verbrennungseinrichtung (eines Brenners), welche dem Dampfkessel Wärme zuführt. Die Abgastemperatur folgt dem Verlauf der Lastvorgabe oder -rückmeldung mit einem zeitlichen Versatz. Dieser Versatz kann als Sollgröße ermittelt und als Regel in die Analyseeinheit eingepflegt sein. Zur Ermittlung des Versatzes in einem Lernprogramm und im laufenden Betrieb lässt sich die Lage der Maxima und Minima der Verläufe von Lastvorgabe oder -rückmeldung sowie Abgastemperatur miteinander vergleichen. Alternativ kann eine Minimierung der Fehlerquadratsumme bei direktem Vergleich von Last- und Temperaturwert erfolgen. Es lassen sich auch beide Verfahren zur Bestimmung des Versatzes kombinieren. Die Ermittlung des Verhältnisses zwischen der Brennerlastvorgabe- oder rückmeldung sowie der Abgastemperatur erfolgt vorzugsweise um den Versatz bereinigt.

**[0040]** Auch die Anzahl an Brennerstarts könnte in einer Variante der Erfindung mit der Analyseeinrichtung bestimmt werden. Mit dieser Kenntnis können die Brennerstarts dann auf ein Minimum reduziert werden, wodurch Energieverluste bei Vor- und Nachlüftphasen des Brenners vermieden werden. In einer einfachen Ausgestaltung wird zur Herbeiführung manueller Änderungen einfach ein Hinweis über die häufigen Brennerstarts ausgegeben, insbesondere visuell über die Kesselsteuerung. Dieser Hinweis kann Vorschläge zur Optimierung enthalten.

**[0041]** Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des zuvor beschriebenen Verfahrens, mit einem Dampfkessel, aus welchem eine Ausschleuseleitung ausmündet, und mit einem Mengensensor zur Bestimmung einer Durchflussmenge in der Ausschleuseleitung sowie einer Analyseeinrichtung zur Aufzeichnung, Bearbeitung und Bewertung von wenigstens einem Zustandsparameter, wobei in der Analyseeinrichtung wenigstens eine Regel zur Bewertung hinterlegt ist.

**[0042]** Mit einer solchen Vorrichtung ist es möglich, den Zustand des Dampfkessels zu überwachen und Rückschlüsse auf dessen Effizienz zu ziehen. Basierend auf den gewonnenen Überwachungsinformationen können gezielte Maßnahmen zur Effizienzsteigerung ergriffen werden. Auch die weiteren verfahrensgemäßen Vorteile lassen sich mit einer solchen Vorrichtung entsprechend realisieren. Dabei kann die Vorrichtung um die jeweiligen verfahrensgemäß notwendigen Vorrichtungsmerkmale entsprechend ergänzt sein.

**[0043]** Die Zeichnung stellt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dar und zeigt in

Fig. 1 eine schematische Anordnung eines Dampf-

kessels mit Analyseeinrichtung und Sensoren.

[0044] In Fig. 1 erkennt man einen Dampfkessel 1. Dieser umschließt einen hohlen Innenraum 2 mit Kesselsohle 15. Der Innenraum 2 ist teilweise, nämlich bis zu einer Füllstandslinie, mit Flüssigkeit 100 gefüllt. Am geodätisch oberen Ende des Dampfkessels 1 mündet ein Dampfausgang 4 aus. Dieser ist über eine Dampfleitung 16 mit einem Verbraucher 9 verbunden. Von dem Verbraucher 9 führt eine Rückführleitung 10 zurück in den Dampfkessel 1. Sie mündet insbesondere unterhalb der Flüssigkeitslinie in den Dampfkessel 1 ein.

[0045] Weiterhin erkennt man eine Zuführleitung 3, über welche frische Flüssigkeit 100 in den Dampfkessel 1 eingeleitet wird. In der Zuführleitung 3 ist ein Zuflussventil 17 angeordnet über welches die Zufuhr von Flüssigkeit 100 freigebbar und sperrbar ist.

[0046] Sowohl die Rückführleitung 10 als auch die Zuführleitung 3 münden zunächst in ein gemeinsames Vorlagegefäß 30. In dem Vorlagegefäß 30 wird die zurückströmende Flüssigkeit 100 gesammelt und mit frischer Flüssigkeit 100 vermischt, welche etwaige verlorene Flüssigkeit 100 ersetzt. Hinter dem Vorlagegefäß 30 teilen sich die Rückführleitung 10 und die Zuführleitung 3 einen gemeinsamen Leitungsabschnitt. In diesem liegt das Zuflussventil 17.

[0047] Am geodätisch unteren Ende des Dampfkessels 1, insbesondere an der Kesselsohle 15, mündet eine Ausschleuseleitung 5 zum Ausschleusen von Flüssigkeit 100 aus dem

[0048] Dampfkessel 1 aus. Mit dieser Ausschleuseleitung 5 ist eine Abschlämmung durchführbar. In der Ausschleuseleitung 5 ist ein Ausschleuseventil 11 angeordnet. Auf der dem Dampfkessel 1 abgewendeten Seite des Ausschleuseventils 11 sind ein erster Temperatursensor 12 und ein Mengensensor 18 zur Bestimmung einer Durchflussmenge positioniert, sowie mit einer Analyseeinrichtung 6 verbunden.

[0049] Außerdem mündet eine zweite Ausschleuseleitung 40 aus dem Dampfkessel 1 aus. Diese dient der Absalzung. Hierfür liegt die Ausmündung knapp unterhalb der Füllstandslinie der Flüssigkeit 100. In der zweiten Ausschleuseleitung 40 sind ein zweites Ausschleuseventil 42, ein zweiter Temperatursensor 44 und ein zweiter Mengensensor 46 angeordnet. Der zweite Temperatursensor 44 und der zweite Mengensensor 46 sind jeweils kommunizierend mit der Analyseeinrichtung 6 verbunden. Zusätzlich ist ein Außentemperatursensor 8 vorgesehen, der ebenfalls mit der Analyseeinrichtung 6 verbunden ist.

[0050] Des Weiteren erkennt man einen Brenner 20, welcher der Flüssigkeit 100 im Dampfkessel 1 Wärme zuführt. Zur Übertragung der Wärme auf die Flüssigkeit 100 weist der Brenner 20 einen Wärmetauscher 22 auf. Dieser ist unter anderem als horizontales Flammrohr 22 ausgeführt, welches durch den Innenraum 2 des Dampfkessels 1 hindurchführt. Es liegt unterhalb der Füllstandslinie.

[0051] Zur Regelung des Dampfkessels 1 ist eine Kesselsteuerung 7 vorhanden, welche mit dem Brenner 20, dem ersten Ausschleuseventil 11, dem zweiten Ausschleuseventil 42 und dem Zuflussventil 17 verbunden ist. Die drei Ventile 11, 17, 42 sind von der Kesselsteuerung 7 elektrisch verstellbar. Die Kesselsteuerung 7 ist kommunizierend mit der Analyseeinrichtung 6 verbunden.

[0052] Darüber hinaus ist die Kesselsteuerung 7 kommunizierend mit einem Drucksensor 19 zur Bestimmung eines Kesselinnendrucks sowie einem Abgastemperatursensor 21 im Bereich des Flammrohrs 22 verbunden. Der Abgastemperatursensor 21 liegt in Strömungsrichtung des Abgases hinter dem Dampfkessel 1.

[0053] Mit einer solchen Vorrichtung ist das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar.

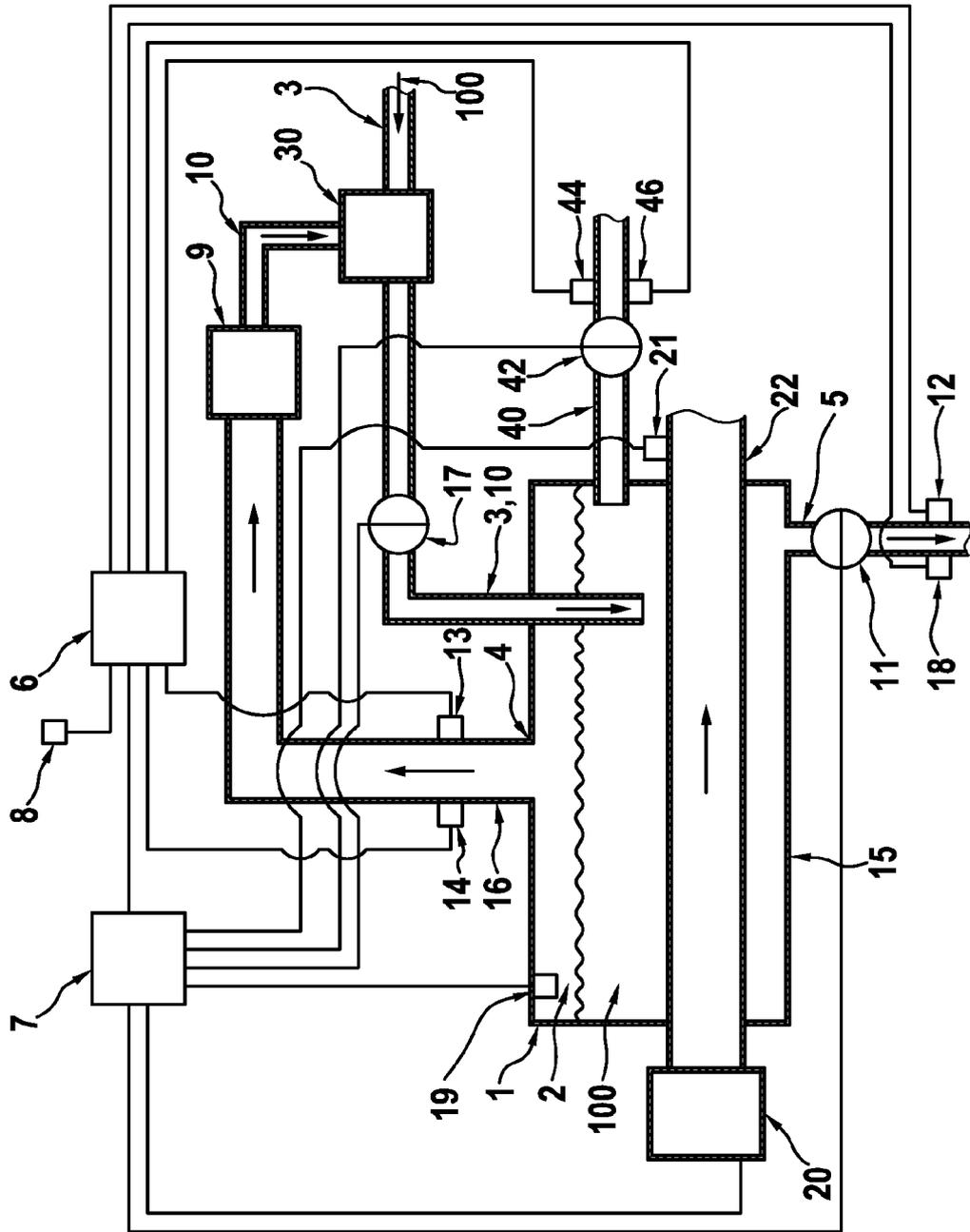
[0054] Abweichend zur Darstellung der Fig.1 kann die Analyseeinrichtung 6 optional als Bestandteil der Kesselsteuerung 7 ausgebildet sein. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit die Zuführleitung 3 und die Rückführleitung 10 separat in den Dampfkessel 1 einmünden zu lassen. Vorzugsweise wird dann ein Vorlagegefäß 30 in der Rückführleitung 10 angeordnet. Nicht näher dargestellt ist ein möglicher Sensor für eine Füllstandsanzeige, das heißt der Höhe der Flüssigkeitslinie im Innenraum 2 des Dampfkessels 1.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Dampfkessels (1), der einen Innenraum (2), eine Zuführleitung (3) zum Zuführen von Flüssigkeit (100), einen Dampfausgang (4), eine Ausschleuseleitung (5) zum Ausschleusen von Flüssigkeit (100) aus dem Dampfkessel (1) und eine Kesselsteuerung (7) aufweist, **gekennzeichnet durch** eine Analyseeinrichtung (6), mit der eine Aufzeichnung, Bearbeitung und Bewertung von wenigstens einem Zustandsparameter mittels wenigstens einer in der Analyseeinrichtung (6) hinterlegten Regel erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend den Schritt:
  - a) Einpflege einer Regel für wenigstens einen Parameter in der Analyseeinrichtung (6).
3. Verfahren nach Anspruch 2, umfassend den Schritt:
  - b) Einpflege einer Regel für wenigstens einen Parameter in der Analyseeinrichtung (6) mittels Durchführung eines Lernprogramms zur Einrichtung des Dampfkessels (1).
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend den Schritt:
  - c) Ersetzen wenigstens einer Regel für einen

- Parameter in der Analyseeinrichtung (6).
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend den Schritt der Analyseeinrichtung (6): 5
- d) Erstellen einer Parameterprognose auf Basis aufgezeichneter und/oder bearbeiteter Parameterwerte. 10
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend den Schritt der Analyseeinrichtung (6):
- e) Ausgabe eines Signals, wenn ein Parameter oder dessen Parameteränderung eine definierte Regel verletzt. 15
7. Verfahren nach Anspruch 6, umfassend den Schritt:
- f) Ausgabe einer Warnung, wenn die Regelverletzung eine prognostizierte Regelverletzung ist; und 20
- g) Ausgabe eines Alarms, wenn die Regelverletzung eine eingetretene Regelverletzung ist. 25
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend den Schritt der Analyseeinrichtung (6): 30
- h) Ausgabe eines Parameterverlaufs eines Parameters über der Zeit bis zu einem Zeitpunkt, bei welchem der Parameter oder dessen Parameteränderung eine Regel verletzt. 35
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend ein Bestimmen folgender Parameter mit Hilfe der Analyseeinrichtung (6):
- i) Bestimmen eines tatsächlichen Energieverlustes bei einem Ausschleusen von Flüssigkeit (100) durch die Ausschleuseleitung (5), wobei eine Durchflussmenge der ausgeschleusten Flüssigkeit (100) bestimmt wird; 40
- j) Erstellen einer Energieverlustprognose für eine weitere Ausschleusung über der Zeit anhand zuvor ermittelter Energieverluste tatsächlicher Ausschleusungen; 45
- k) Bestimmen einer aktuellen Kesseleffizienz und Erstellung einer Kesseleffizienzprognose über der Zeit unter Berücksichtigung der Energieverlustprognose; 50
- l) Bestimmen eines optimalen Zeitpunkts für die nächste Ausschleusung durch Maximierung der Kesseleffizienz; 55
- und folgenden Schritt der Analyseeinrichtung (6):
- m) Auslösen einer Ausschleusung zum be-
- stimmten optimalen Zeitpunkt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend den Schritt der Analyseeinrichtung (6):
- n) Bestimmen einer Kesselverschmutzung, durch Ermittlung eines Verhältnisses zwischen einer Brennerlastvorgabe- oder rückmeldung und einer Abgastemperatur einer Verbrennungseinrichtung, welche dem Dampfkessel Wärme zuführt.
11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, mit einem Dampfkessel (1), aus welchem eine Ausschleuseleitung (5) ausmündet, und mit einem Mengensensor (18) zur Bestimmung einer Durchflussmenge in der Ausschleuseleitung (5) sowie einer Analyseeinrichtung (6) zur Aufzeichnung, Bearbeitung und Bewertung von wenigstens einem Zustandsparameter, wobei in der Analyseeinrichtung (6) wenigstens eine Regel zur Bewertung hinterlegt ist.

Fig. 1





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 14 18 3005

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 584 866 A2 (AUTOFLAME ENG LTD [GB]) 12. Oktober 2005 (2005-10-12) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Absätze [0001] - [0007], [0011] - [0014], [0017] - [0020], [0028], [0035] - [0039] * * Absätze [0041], [0042], [0046] - [0050], [0051], [0052] * -----	1-11	INV. F22B37/56
X	US 6 655 322 B1 (GODWIN DOUGLAS A [US] ET AL) 2. Dezember 2003 (2003-12-02) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 * * Spalte 2, Zeile 25 - Spalte 3, Zeile 15 * * Spalte 4, Zeilen 18-27 * * Spalte 4, Zeile 52 - Spalte 5, Zeile 50 * * Spalte 6, Zeile 13 - Spalte 8, Zeile 2 * -----	1-11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F22B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. Februar 2015	Prüfer Varelas, Dimitrios
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE 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		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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 14 18 3005

5

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.

10-02-2015

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1584866	A2	12-10-2005	KEINE
-----			
US 6655322	B1	02-12-2003	KEINE
-----			

15

20

25

30

35

40

45

50

EPO FORM P0461

55

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