

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
19. Januar 2017 (19.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/009158 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F23G 5/20 (2006.01) F23G 7/00 (2006.01)
F23G 5/50 (2006.01) G01N 33/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/066067

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. Juli 2016 (07.07.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 111 489.5 15. Juli 2015 (15.07.2015) DE

(71) Anmelder: **THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE). **THYSSENKRUPP AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(72) Erfinder: **TEUTENBERG, Reinhard**; An der Alten Ziegelei 11, 59423 Unna (DE). **SCHNEBERGER, Jürgen**; Am Elsäwäldchen 9, 59320 Ennigerloh (DE). **BORNEFELD, Marc**; Astastraße 19, 33617 Bielefeld (DE). **MAIER, Oliver**; Anton-Aulke-Str. 57, 48167

Münster (DE). **BENDIG, Uwe**; Caldenhofer Weg 265, 59069 Hamm (DE).

(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A COMBUSTION PROCESS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR REGELUNG EINES BRENNPROZESSES

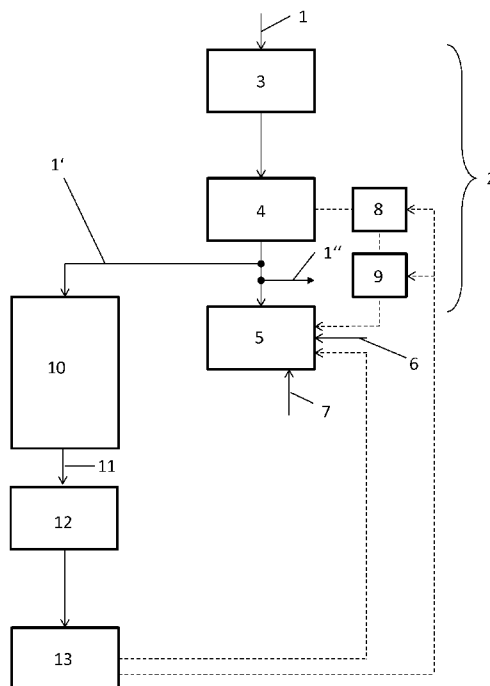


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for controlling a combustion process, in which at least one substitute fuel (1) in the form of a fluff fraction is used, at least one part of said substitute fuel undergoing a vibrational-spectroscopic analysis and the values detected in the analysis being used to control the combustion process.

(57) **Zusammenfassung:** Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Regelung eines Brennprozesses kommt wenigstens ein Ersatzbrennstoff (1) in Form einer flugfähigen Fraktion zum Einsatz, wobei wenigstens ein Teil des Ersatzbrennstoffs einer schwingungsspektroskopischen Analyse unterzogen wird und die bei der Analyse ermittelten Werte zur Regelung des Brennprozesses verwendet werden.



CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Verfahren zur Regelung eines Brennprozesses

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines Brennprozesses, wobei
5 wenigstens ein Ersatzbrennstoff in Form einer flugfähigen Fraktion zum Einsatz kommt.

In vielen Bereichen der Industrie, wie beispielsweise bei Zement-, Kalk- und Braunkohlekraftwerken und großenteils auch in Industriekraftwerken, werden in
zunehmendem Maße Ersatzbrennstoffe, insbesondere aus Hausmüll und
10 Gewerbeabfällen, eingesetzt. Die Aufbereitungsintensität des Brennstoffs ist dabei von seinem Einsatzbereich sowie von unterschiedlichen Qualitätsanforderungen des Abnehmers, die eine eindeutige Spezifikation des abzunehmenden Brennstoffs vorgeben, abhängig. Bedeutende Brennstoffparameter ergeben sich aus der Qualität der bei der Brennstoffherstellung genutzten Rohabfälle. Diese sind insbesondere
15 Heizwert, Glührückstand (Veraschen) und Chlorgehalt. Je nach den emissionsrechtlichen Genehmigungen der Anlage, in der der Brennstoff verwertet wird, werden Mindest- und Höchstwerte für Schwermetallgehalte definiert und verschiedene Forderungen an den Grad der Metallentfrachtung gestellt. An die Korngröße des Brennstoffs werden ebenfalls unterschiedliche Anforderungen
20 gestellt. Besonders wichtig ist hier die Stückigkeit, also die Begrenzung der Stückgröße und Schüttdichte. Auch die Art der Lagerung und des Transportes sind von der Verwertungsweise des Brennstoffes abhängig.

Je höher die Qualitätsanforderungen durch die Abnehmer des Brennstoffs (Ersatzbrennstoff) sind, desto selektiver muss die eingesetzte Abfalltrennung
25 vorgenommen werden. Schon bei der Eingangskontrolle muss eine Mindestqualität des Rohabfalls sichergestellt werden, um Verunreinigungen zu minimieren und eine hohe Brennstoffausbeute zu erhalten. Die Aufbereitung eines Abfallgemisches beginnt mit der Vorsortierung bzw. der Störstoffauslese, es folgen die Grobzerkleinerung und darauf die Siebklassierung sowie die Eisen-Magnetscheidung

magnetisierbarer Metalle. Zur Abtrennung von hochkalorischen Fraktionen werden Windsichter eingesetzt. Dadurch werden Kunststofffolien und Papier angereichert bzw. flächige und flugfähige Bestandteile im Leichtstoffstrom gesammelt.

5 Um qualitätsgesicherte Ersatzbrennstoffe herzustellen, sind weitere Aufbereitungsschritte notwendig. Für den Einsatz in Zementwerken wird zum Beispiel eine Feinaufbereitung durchgeführt, wobei sensorische Sortierungen durch Nahinfrarotspektroskopie und Bilderkennungssysteme stattfinden. Es können auch weitere Metallsortierungen zur Anwendung kommen, sodass Nichteisenmetalle abgeschieden werden. Durch eine Sensorsortierung können weiterhin Chlorträger
10 entfernt werden. Ein nachgeschalteter Windsichter kann dabei weitere Störstoffe aussortieren und durch Trocknungsschritte werden Lagerstabilität und Heizwert erhöht.

Anlagen welche Ersatzbrennstoffe nutzen, müssen europaweit mindestens den Anforderungen der EU-Richtlinie 2000/76/EG zur Verbrennung und Mitverbrennung
15 von Abfällen entsprechen. Im Deutschland gilt für die Abfallverbrennung und Mitverbrennungsanlagen außerdem die 17.BImSchV.

Mit Energieanteilen von ungefähr 15% und darüber eignen sich Rohabfälle wie Altreifen, Kunststoffe, Industrie- und Gewerbeabfälle sowie Tiermehl und Tierfette zur Ersatzbrennstoffaufbereitung für den Einsatz in der Zementindustrie. Mit
20 geringeren Energieanteilen werden unter anderem auch Altöl, Lösungsmittel sowie Siedlungsabfälle für die Aufbereitung genutzt.

Die zur Verfügung stehenden Ersatzbrennstoffe sind jedoch in ihrer Materialqualität oft sehr inhomogen. Um die immer enger definierten Emissionsgrenzwerte einhalten zu können, ist es von besonderem Interesse den Gehalt an Störstoffen, wie Schwefel,
25 Schwermetallen und Chlor, der zum Einsatz kommenden Ersatzbrennstoffe zu kennen. Aufgrund der Heterogenität der genutzten Ersatzbrennstoffe ist es aber nach wie vor schwierig, belastbare Aussagen über die Materialqualität zu gewinnen.

In der Praxis werden entsprechend aufbereitete Ersatzbrennstoffe mit bestimmter Qualität vertrieben. Zur Analyse der eingesetzten Brennstoffe kommen insbesondere eine Nahinfrarotspektroskopie (NIR) oder Röntgenfluoreszenz-Analysen (RFA) zur Anwendung. Dabei lassen sich beispielsweise die Materialzusammensetzung, der Feuchtigkeitsgehalt und die Schadstoffgehalte analysieren. Des Weiteren kommen auch nasschemische Analysen zur Anwendung, die jedoch aufgrund der stark schwankenden Zusammensetzung der Ersatzbrennstoffe sehr aufwendig sind.

Stark schwankende Zusammensetzungen der Ersatzbrennstoffe bedingen aber auch entsprechend stark variierende Emissionen. Es kommt hinzu, dass die Ersatzbrennstoffe oftmals aus einem Gemisch unterschiedlicherer Ersatzbrennstoffe bestehen und dadurch bedingt auch der Brennwert innerhalb einer Charge schwanken kann. Für viele Verbrennungsprozesse, wie beispielsweise bei der Zementklinkerherstellung, kommt es jedoch entscheidend auf eine möglichst gleichmäßige Wärmezufuhr an, um die gewünschte Qualität des Endprodukts (Zementklinker) gewährleisten zu können. Die Forderungen an einen möglichst homogenen Brennwert und die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten stehen somit einer Erhöhung des Anteils an Ersatzbrennstoffen in einem Brennprozess entgegen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, das Verfahren zur Einhaltung von Emissionsgrenzwerten in einem Brennprozess zu verbessern.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst, indem beim Verfahren zur Regelung eines Brennprozesses, wenigstens ein Ersatzbrennstoff in Form einer flugfähigen Fraktion zum Einsatz kommt, wobei wenigstens ein Teil des Ersatzbrennstoffs einer schwingungsspektroskopischen Analyse unterzogen wird und die bei der Analyse ermittelten Werte zur Regelung des Brennprozesses verwendet werden.

Unter einer schwingungsspektroskopischen Analyse ist eine Gruppe von analytischen Messmethoden zu verstehen, die auf der Anregung der Normalschwingungen von Molekülen basiert. Hierzu zählen insbesondere die

Infrarotspektroskopie, die UV/VIS-Spektroskopie und die Ramanspektroskopie. Vorzugsweise kommt jedoch die Terahertzspektroskopie zur Anwendung.

5 Molekülspektroskopische Analysemethoden eignen sich in besonderem Maße zur Überprüfung des Ersatzbrennstoffs, insbesondere während seiner Förderung zu einer Brennzone, zumal sie berührungslos erfolgen kann und keine weitere Aufbereitung des Brennstoffes erforderlich ist. Die Terahertzspektroskopie zeichnet sich gegenüber einer Nahinfrarotspektroskopie vor allem durch eine höhere Eindringtiefe aus, so dass auch überlappende Brennstofffraktionen detektiert werden können. Außerdem können mittels der Terahertzspektroskopie insbesondere der Heizwert, die 10 Feuchte, der Kohlenstoffgehalt und der Chlorgehalt des Ersatzbrennstoffs bzw. Ersatzbrennstoffgemisches ermittelt werden.

Die Terahertz-Zeitbereichsspektroskopie (engl. Time Domain Spectroscopy TDS) eignet sich als eine zuverlässige Methode zur berührungslosen und zerstörungsfreien Untersuchung. Indem der Brennstoff bzw. das Brennstoffgemisches Punkt für Punkt 15 durchleuchtet wird, lassen sich zusätzlich zur Spektroskopie auch Abbildungen im 2D-Format (Imaging) oder sogar 3D-Format (Tomographie) gewinnen. Terahertz-Wellen sind elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich zwischen 100 GHz und 10 THz. Viele Moleküle zeigen in diesem Spektralbereich charakteristische Signaturen in ihren Absorptionsspektren (chemischer Fingerabdruck). Darüber 20 hinaus sind viele für sichtbares Licht oder Infrarot (IR) undurchdringliche Stoffe für Terahertz-Wellen transparent.

Die Terahertz-(Zeitbereichs)spektroskopie (THz-TDS) beruht auf der Erzeugung breitbandiger elektromagnetischer Strahlung durch ultrakurze Femtosekunden-Laserpulse und auf dem Nachweis mit dem Pump-Probe-Prinzip. Die Vorteile dabei 25 sind eine kohärente Detektion der Terahertz-Wellen und damit eine hochaufgelöste Amplituden- und Phasenaufnahme des elektrischen Terahertz-Feldes im Zeitbereich. Diese Messtechnik unterdrückt inkohärente Strahlung, d. h. es gibt keine Störung durch Raumtemperatur und Umgebungslicht.

Im Unterschied zur IR- und Raman-Spektroskopie, die empfindlich für intramolekulare Schwingungs- und Rotationsbewegungen sind, gibt die Terahertzspektroskopie Aufschluss zu den intermolekularen Bewegungen. So lassen sich neben dem bloßen Nachweis von Makromolekülen Aussagen über den Aggregatzustand, polymorphe Strukturen sowie die Kristallinität der Substanzen treffen. Die Terahertz-Technik ist schneller, erfordert eine minimale Präparation des zu untersuchenden Objektes und kann prinzipiell sowohl für eine Inline- als auch eine Online-Kontrolle genutzt werden.

Aufgrund der Inhomogenität der oftmals zur Verfügung stehenden Ersatzbrennstoffe ist es von Vorteil, wenn der Ersatzbrennstoff während seiner Förderung über eine Zuführstrecke zu einer Verbrennungszone der schwingungsspektroskopischen Analyse unterzogen wird. Auf diese Weise kann etwaiger Ersatzbrennstoff, der aufgrund seiner Zusammensetzung (beispielsweise ein zu hoher Chlorgehalt) nicht in die Verbrennungszone gelangen soll, vorzeitig ausgeschleust werden. Außerdem kann der Brennprozess unmittelbar an eine sich ändernde Zusammensetzung des Ersatzbrennstoffs und ein damit einhergehendes Brennverhalten angepasst werden.

Mit Terahertz-Spektrometern kann der chemische Fingerabdruck von Substanzen (Gasen, Flüssigkeiten, Festkörpern) bestimmt werden. Messungen sind sowohl in Transmission als auch in Reflexion möglich. Zur Untersuchung von Pulvern und Flüssigkeiten kann auch eine ATR (Attenuated Total Reflexion) - Anordnung eingesetzt werden. Die Auswertung der Spektroskopie-Messwerte erfolgt vorzugsweise automatisiert mittels Chemometrie. Auch zur Ermittlung der Feuchtigkeitsverteilung kann ein Terahertz-Spektrometer genutzt werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden mittels chemometrischer Methoden chemische Informationen aus den Daten der Terahertz-Spektroskopie extrahiert. Unter Chemometrie versteht man die Anwendung mathematischer und statistischer Methoden, um zuverlässig Informationen aus experimentellen Messdaten zu extrahieren. Bei der Chemometrie werden als Grundlage für eine Automatisierung in einer ersten Phase des Trainings oder Lernphase meist bekannte

Stoffe unter vielen verschiedenen Bedingungen wiederholt gemessen. Auf Basis dieser Daten werden anschließend Expertensysteme oder Datenbanken aufgebaut. In der zweiten Phase, der Testphase werden dann weitere Messungen durchgeführt und gegen die Datenbank getestet.

5 Da es unmöglich ist, Messungen unter allen dankbaren Bedingungen durchzuführen, sollte es das Ziel beim Aufbau der Datenbank sein, weitestgehend nur substanzspezifische Informationen aufzunehmen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass der nicht-substanzspezifische Informationsanteil aus den gemessenen Spektren entfernt werden muss. Hierzu gehören unter anderen die Einflüsse von
10 Wasserdampflinien und der Partikelstreuung. Der Einfluss der nicht-substanzspezifischen Informationsanteile kann durch eine geschickte Abfolge von spektralen Filtern minimiert werden. Nachdem alle Messdaten die informationsschärfende Filterfolge durchlaufen haben, wird eine Eigenschaftsreduktion durchgeführt. Als exploratives Werkzeug kann zum Beispiel
15 die Hauptkomponentenanalyse „Principal Component Analysis“ (PCA) verwendet werden. Die PCA beschreibt die hochdimensionalen Merkmale in einem alternativen, orthogonalen Raum. Die erste Hauptachse liegt in Richtung der höchsten Varianz, die zweite Hauptachse liegt rechtwinklig dazu in Richtung der zweithöchsten Varianz und so weiter. Oft genügen schon wenige Hauptachsen um einen Großteil
20 der Informationen zu charakterisieren. Die Anteile der höheren Hauptachsen bleiben anschließend unberücksichtigt. Die Darstellung der ursprünglichen Messungen in den PCA-transformierten Raum zeigt oft schon eine sichtbare Trennung der Daten. Im Idealfall bilden sich für jedes Substanz einzelne Cluster.

Bei der Hauptkomponentenanalyse werden die umfangreichen Datensätze
25 strukturiert, vereinfacht und veranschaulicht, indem eine Vielzahl statistischer Variablen durch eine geringere Zahl möglichst aussagekräftiger Linearkombinationen (die Hauptkomponenten) genährt wird. Wendet man dieses Verfahren auf die hier interessierende Analyse der Ersatzbrennstoffe an, so können beispielsweise Beziehungen zwischen den PVC-Anteilen und dem Chlorgehalt oder

dem PVC-Anteil und dem Heizwert oder dem Chlorgehalt und dem Heizwert und dergleichen erkennbar und erlernbar sein.

Vorzugsweise werden daher mittels chemometrischer Methoden chemische Informationen aus den Daten extrahiert, die bei der schwingungsspektroskopischen Analyse des Ersatzbrennstoffs ermittelt wurden. Die dabei gewonnenen chemischen Informationen können dann mit selbstlernenden Algorithmen in einer Datenbank zusammengefasst und klassifiziert werden, wobei zur Strukturierung der Daten bzw. Datensätze vorzugsweise die Clusteranalyse angewendet wird.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden die bei der schwingungsspektroskopischen Analyse ermittelten Daten des Ersatzbrennstoffs mit Vergleichsdaten verglichen, um Anomalien automatisch zu erkennen. Die Vergleichsdaten können dabei durch eine schwingungsspektroskopische Analyse bekannter Ersatzbrennstoffe oder bekannter Anteile der Ersatzbrennstoffe ermittelt werden. Zur Ermittlung der Vergleichsdaten können im Vorfeld Teile des Ersatzbrennstoffs gezielt in unterschiedliche Bestandteile aufgeteilt und einzeln mittels schwingungsspektroskopischer Analyse untersucht werden.

Kommt beispielsweise ein erster und ein zweiter Brennstoff in der Verbrennungszone zum Einsatz, wobei es sich bei einem der Brennstoffe um einen Ersatzbrennstoff handelt, kann die Regelung des Brennstoffs in einer Beeinflussung der Brennstoffmengen bestehen. Wird beispielsweise festgestellt, dass der Ersatzbrennstoff einen zu niedrigen Brennwert hat, kann die Brennstoffzufuhr insgesamt erhöht werden bzw. ein höherwertiger Brennstoff mit einem entsprechend größeren Anteil zugeführt werden. Die Regelung des Brennprozesses kann aber beispielsweise auch in einer Veränderung der Verbrennungsluft oder in einer Verstellung der Flammenform am eingesetzten Brenner bestehen.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung findet der Brennprozess im Rahmen eines Zementherstellungsprozesses statt, wobei die Verbrennungszone durch einen Drehrohrofen und/oder einen Vorcalcinator gebildet wird. Der Brennstoff oder das Brennstoffgemisch wird zudem über wenigstens einen Brenner

der Verbrennungszone zugeführt. Die schwingungsspektroskopische Analyse ist derart ausgestaltet, dass insbesondere der Heizwert und/oder die Feuchte und/oder der Kohlenstoffgehalt und/oder der Chlorgehalt des Ersatzbrennstoffs ermittelt werden.

5 Der Ersatzbrennstoff kann beispielsweise durch Klärschlamm oder vorzugsweise durch eine flugfähige Fraktion (so genannter Fluff) gebildet werden, wobei die flugfähige Fraktion zweckmäßigerweise eine Korngröße von 1 bis 5 mm aufweist. Ist der verwendete Ersatzbrennstoff relativ inhomogen, bietet es sich an, den Ersatzbrennstoff auf der Zuführstrecke zu der Verbrennungszone in wenigstens einer
10 Mühle zu zerkleinern und/oder zu homogenisieren. Dazu eignet sich beispielsweise eine zwischengeschaltete Wirbelstrommühle.

Neben der schwingungsspektroskopischen Analyse besteht ferner die Möglichkeit, einen Teil des Ersatzbrennstoffs auf der Zuführstrecke zu der Verbrennungszone auszuschleusen und für eine zweite chemische Analyse aufzubereiten und zu
15 analysieren. Dies wird beispielsweise dann durchgeführt, wenn mittels der schwingungsspektroskopischen Analyse große Abweichungen von der Norm oder große Schwankungen erkannt werden.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung werden im Folgenden anhand der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung näher erläutert.

20 Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei ein Ersatzbrennstoff 1 in Form einer flugfähigen Fraktion über eine Zuführstrecke 2 wenigstens einer Verbrennungszone 5 zugeführt wird, bei der es sich beispielsweise um einen Drehrohrofen und/oder einen Vorcalcinator mit einem Brenner handelt. Der Ersatzbrennstoff 1 wird dabei
25 auf der Zuführstrecke 2 zur Verbrennungszone 5 optional zunächst in wenigstens einer Mühle 3, beispielsweise einer Wirbelstrommühle, weiter zerkleinert und/oder homogenisiert, sofern dies erforderlich ist. Der Ersatzbrennstoff 1 sollte für die Aufgabe in der Verbrennungszone 5 vorzugsweise in einer Größe von 1 bis 5 mm vorliegen. Bei der flugfähigen Fraktion handelt es sich beispielsweise um Fluff-

Wolle, mehlförmigen Fluff oder Fluff-Pellets. Nach einer Vorzerkleinerung, z.B. in einer Wirbelstrommühle, liegt der Fluff in einer homogenen Form vor. Beim Zerkleinern wird der Fluff besser durchmischt und kann anschließend gut transportiert, analysiert und dosiert werden.

5 Zur Förderung des Ersatzbrennstoffs 1 auf der Zuführstrecke 2 sind geeignete Transportmechanismen, wie Transportbänder, Kratzer, Saugförderer, etc. vorgesehen.

10 Zwischen der Mühle 3 und der Verbrennungszone 5 ist ferner eine erste Analyseeinrichtung 4 für eine schwingungsspektroskopische Analyse angeordnet, die beispielsweise durch eine Infrarotspektroskopie, eine Ramanspektroskopie oder eine UV/VIS-Spektroskopie gebildet werden kann. Vorzugsweise kommt hier jedoch eine Terahertz-Spektroskopie zur Anwendung. Die Terahertz-Spektroskopie stellt eine zuverlässige Methode zur berührungslosen und zerstörungsfreien Untersuchung von Materialien dar, die sich insbesondere für den hier interessierenden Ersatzbrennstoff
15 eignet. Dabei wird der Ersatzbrennstoff 1 in festen Zeitrastern automatisch von der ersten Analyseeinrichtung 4 erfasst, wobei die erfassten Daten entsprechend ausgewertet werden. Die Terahertz-Spektroskopie ermöglicht insbesondere die Bestimmung von Heizwert, Feuchte, Kohlenstoff- und Chlorgehalt.

20 In einer Auswertungseinrichtung 8 werden die ermittelten Daten der ersten Analyseeinrichtung 4 verarbeitet, wobei chemometrische Methoden angewandt werden können, um aus den Daten chemische Informationen zu extrahieren. Die gewonnenen chemischen Informationen können dann insbesondere mit selbstlernenden Algorithmen in ein oder mehreren Datenbanken 9 zusammengefasst und klassifiziert werden, wobei zur Strukturierung der Daten bzw. Datensätze auch
25 die Clusteranalyse zur Anwendung kommen kann.

Die bei der schwingungsspektroskopischen Analyse ermittelten Werte werden in der Auswertungseinrichtung 8 ausgewertet und zur Regelung des Brennprozesses in der Verbrennungszone 5 genutzt. Kommt in der Verbrennungszone 5 neben dem Ersatzbrennstoff 1 ein zweiter Brennstoff 6 zur Anwendung, kann die Regelung des

Brennprozesses aufgrund der schwingungsspektroskopischen Analyse beispielsweise in einer Veränderung des Mengenverhältnisses der beiden Brennstoffe 1 und 6 bestehen. Des Weiteren kann die Regelung des Brennprozesses eine Veränderung der Verbrennungsluft 7 umfassen, welche der Verbrennungszone 5 zugeführt wird. Gemäß einer bevorzugten Anwendung ist die Verbrennungszone 5 Teil einer Zementherstellungsanlage und die Regelung des Brennprozesses kann insbesondere in einer Veränderung der Verteilung der dort anfallenden Primär-, Sekundär- und Tertiärluft bestehen. Kommt in der Verbrennungszone ein Brenner zum Einsatz, kann die Regelung auch eine Anpassung der Flammenform beinhalten.

Wird bei der schwingungsspektroskopischen Analyse festgestellt, dass der untersuchte Ersatzbrennstoff 1 aufgrund seiner Eigenschaften (beispielsweise ein zu hoher Chlorgehalt) nicht zur Verbrennungszone 5 gelangen soll, kann eine Teilmenge 1'' des Ersatzbrennstoffs vorher aussortiert werden.

In Abhängigkeit der bei der schwingungsspektroskopischen Analyse ermittelten Werte und/oder zu bestimmten Zeiten, die auch dynamisch angepasst werden können, kann des Weiteren vorgesehen werden, dass ein Teil 1' des in der ersten Analyseeinrichtung 4 bereits analysierten Ersatzbrennstoffs ausgeschleust und einer zweiten chemischen Analyse zugeführt wird.

Dazu wird der ausgeschleuste Ersatzbrennstoff 1' zunächst in einer Aufbereitungseinrichtung 10 zu analysenfertigen Proben 11 aufbereitet und anschließend in einer zweiten Analyseeinrichtung 12 einer zweiten chemischen Analyse unterzogen, wobei beispielsweise ein oder mehrere der nachfolgend aufgeführten Analyseverfahren zur Anwendung kommen können: Röntgenfluoreszenzanalyse, Terahertz-Spektroskopie, Elementaranalyse, Heizwertbestimmung, etc.

In einer Auswertungseinrichtung 13 werden die ermittelten Daten der zweiten Analyseeinrichtung 12 weiter verarbeitet, wobei wiederum chemometrische Methoden angewandt werden können, um aus den Daten chemische Informationen zu extrahieren. Die gewonnenen chemischen Informationen können dann

insbesondere mit selbstlernenden Algorithmen in der wenigstens einen Datenbank 9 zusammengefasst und klassifiziert werden, wobei zur Strukturierung der Daten bzw. Datensätze auch die Clusteranalyse zur Anwendung kommen kann.

5 Die bei der zweiten chemischen Analyse ermittelten Werte werden dann ebenfalls zur Regelung des Brennprozesses in der Verbrennungszone 5 genutzt. Sie dienen aber auch zur Überprüfung und Anpassung der ersten chemischen Analyse dienen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Regelung eines Brennprozesses, wobei wenigstens ein Ersatzbrennstoff (1) in Form einer flugfähigen Fraktion zum Einsatz kommt,

5 **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Teil des Ersatzbrennstoffs (1) einer schwingungsspektroskopischen Analyse unterzogen wird, wobei die schwingungsspektroskopische Analyse mittels einer Terahertzspektroskopie erfolgt und die bei der Analyse ermittelten Werte zur Regelung des Brennprozesses verwendet werden.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ersatzbrennstoff (1) über eine Zuführstrecke (2) wenigstens einer Verbrennungszone (5) zugeführt und während seiner Förderung zu der Verbrennungszone der schwingungsspektroskopischen Analyse unterzogen wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels chemometrischer Methoden chemische Informationen aus Daten extrahiert werden, die bei der schwingungsspektroskopischen Analyse des Ersatzbrennstoffs (1) ermittelt wurden.
- 20 4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittels chemometrischer Methoden gewonnenen chemischen Informationen mit selbstlernenden Algorithmen in einer Datenbank (9) zusammengefasst und klassifiziert werden.
- 25 5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der schwingungsspektroskopischen Analyse des Ersatzbrennstoffes (1) zur Strukturierung der Daten bzw. Datensätze eine Clusteranalyse angewendet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der schwingungsspektroskopischen Analyse der Heizwert und/oder die Feuchte und/oder der Kohlenstoffgehalt und/oder der Chlorgehalt des Ersatzbrennstoffs ermittelt werden.
- 5 7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die bei der schwingungsspektroskopischen Analyse ermittelten Daten des Ersatzbrennstoffs (1) mit Vergleichsdaten verglichen werden, um Anomalien automatisch zu erkennen.
- 10 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vergleichsdaten durch eine schwingungsspektroskopische Analyse bekannter Ersatzbrennstoffe oder bekannter Anteile der Ersatzbrennstoffe ermittelt werden.
- 15 9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ermittlung der Vergleichsdaten Teile des Ersatzbrennstoffs gezielt in unterschiedliche Bestandteile aufgeteilt und einzeln mittels schwingungsspektroskopischer Analyse untersucht werden.
- 20 10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennprozess im Rahmen eines Zementherstellungsprozesses stattfindet und die Verbrennungszone (5) vorsieht, die durch einen Drehrohrofen und/oder einen Vorcalcinator gebildet wird.
- 25 11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ersatzbrennstoff über wenigstens einen Brenner einer Verbrennungszone zugeführt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass neben dem Ersatzbrennstoff (1) ein zweiter Brennstoff (6) in einer Verbrennungszone (5) zum Einsatz kommt, wobei die Regelung des Brennprozesses eine Veränderung des Verhältnisses der beiden Brennstoffe umfasst.
13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung des Brennprozesses eine Veränderung einer Verbrennungsluft (7) umfasst.

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung des Brennprozesses eine Verstellung der Flammenform an einem Brenner umfasst.

1/1

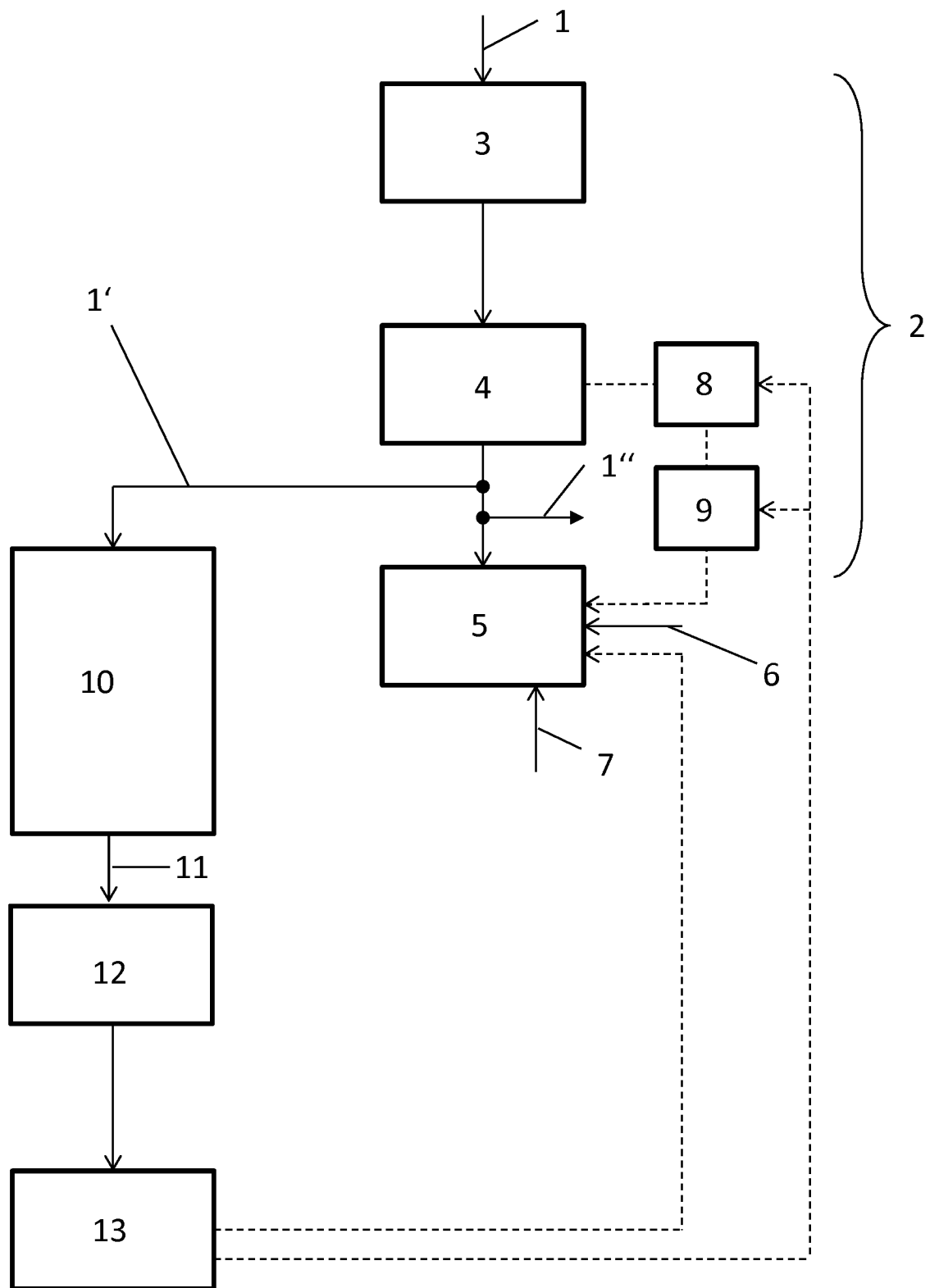


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/066067

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F23G5/20 F23G5/50 F23G7/00 G01N33/22 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F23N F23G G01N		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2013/107509 A1 (UNLAND HEINRICH [DE]; WOERMCKE HANS [DE]; SEEGER KLAUS [DE]) 25 July 2013 (2013-07-25) page 2, line 15 - page 3, line 10 page 5, line 15 - page 8, line end; figure 1	1-14
Y	----- US 2011/189718 A1 (WHITSON ANDREA LEE [US] ET AL) 4 August 2011 (2011-08-04) paragraphs [0012], [0016], [0017], [0021], [0043], [0047], [0054]; figure 9	1-14
A	----- US 2012/117815 A1 (WECHSLER MARK [US] ET AL) 17 May 2012 (2012-05-17) paragraphs [0045], [0048]; figure 1 paragraph [0106] - paragraphs [0114], [0116]; figures 1-6 ----- -/--	1-9
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 22 September 2016		Date of mailing of the international search report 04/10/2016
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Harder, Sebastian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/066067

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 077 763 A (JAGER GERNOT ET AL) 7 March 1978 (1978-03-07) column 7, line 39 - line 41; figure 1 -----	10
A	US 2012/174825 A1 (VAZQUEZ FAVELA JAVIER [CH] ET AL) 12 July 2012 (2012-07-12) paragraph [0057] - paragraph [0060]; claim 1; figure 1 -----	12
A	EP 1 048 900 A1 (ORFEUS COMBUSTION ENG GMBH [DE]) 2 November 2000 (2000-11-02) paragraph [0013]; figure 1 -----	4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/066067

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2013107509	A1	25-07-2013	NONE
US 2011189718	A1	04-08-2011	NONE
US 2012117815	A1	17-05-2012	NONE
US 4077763	A	07-03-1978	BR 7601121 A 14-09-1976 CH 606955 A5 30-11-1978 CS 7601204 A2 13-06-1985 DE 2507840 A1 09-09-1976 DK 74276 A 25-08-1976 ES 445293 A1 01-11-1977 FR 2304115 A1 08-10-1976 GB 1552776 A 19-09-1979 US 4077763 A 07-03-1978
US 2012174825	A1	12-07-2012	EA 201270142 A1 29-06-2012 EP 2452125 A1 16-05-2012 US 2012174825 A1 12-07-2012 WO 2011003428 A1 13-01-2011
EP 1048900	A1	02-11-2000	DE 19919222 C1 11-01-2001 EP 1048900 A1 02-11-2000

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F23G5/20 F23G5/50 F23G7/00 G01N33/22 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F23N F23G G01N		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 2013/107509 A1 (UNLAND HEINRICH [DE]; WOERMCKE HANS [DE]; SEEGER KLAUS [DE]) 25. Juli 2013 (2013-07-25) Seite 2, Zeile 15 - Seite 3, Zeile 10 Seite 5, Zeile 15 - Seite 8, Zeile end; Abbildung 1 -----	1-14
Y	US 2011/189718 A1 (WHITSON ANDREA LEE [US] ET AL) 4. August 2011 (2011-08-04) Absätze [0012], [0016], [0017], [0021], [0043], [0047], [0054]; Abbildung 9 -----	1-14
A	US 2012/117815 A1 (WECHSLER MARK [US] ET AL) 17. Mai 2012 (2012-05-17) Absätze [0045], [0048]; Abbildung 1 Absatz [0106] - Absätze [0114], [0116]; Abbildungen 1-6 ----- -/--	1-9
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
22. September 2016		04/10/2016
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Harder, Sebastian

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 077 763 A (JAGER GERNOT ET AL) 7. März 1978 (1978-03-07) Spalte 7, Zeile 39 - Zeile 41; Abbildung 1 -----	10
A	US 2012/174825 A1 (VAZQUEZ FAVELA JAVIER [CH] ET AL) 12. Juli 2012 (2012-07-12) Absatz [0057] - Absatz [0060]; Anspruch 1; Abbildung 1 -----	12
A	EP 1 048 900 A1 (ORFEUS COMBUSTION ENG GMBH [DE]) 2. November 2000 (2000-11-02) Absatz [0013]; Abbildung 1 -----	4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/066067

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2013107509 A1	25-07-2013	KEINE	
US 2011189718 A1	04-08-2011	KEINE	
US 2012117815 A1	17-05-2012	KEINE	
US 4077763 A	07-03-1978	BR 7601121 A CH 606955 A5 CS 7601204 A2 DE 2507840 A1 DK 74276 A ES 445293 A1 FR 2304115 A1 GB 1552776 A US 4077763 A	14-09-1976 30-11-1978 13-06-1985 09-09-1976 25-08-1976 01-11-1977 08-10-1976 19-09-1979 07-03-1978
US 2012174825 A1	12-07-2012	EA 201270142 A1 EP 2452125 A1 US 2012174825 A1 WO 2011003428 A1	29-06-2012 16-05-2012 12-07-2012 13-01-2011
EP 1048900 A1	02-11-2000	DE 19919222 C1 EP 1048900 A1	11-01-2001 02-11-2000