



(11)

**EP 2 691 701 B2**

(12)

**NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**  
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**20.03.2024 Patentblatt 2024/12**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F23G 5/16** <sup>(2006.01)</sup> **F23L 7/00** <sup>(2006.01)</sup>  
**F23L 9/02** <sup>(2006.01)</sup>

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**23.08.2017 Patentblatt 2017/34**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F23L 9/00; F23G 5/165; F23L 7/00; F23L 9/02;**  
**F23L 2900/07002**

(21) Anmeldenummer: **12712955.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2012/001361**

(22) Anmeldetag: **28.03.2012**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2012/130446 (04.10.2012 Gazette 2012/40)**

(54) **VERFAHREN ZUR OPTIMIERUNG DES AUSBRANDS VON ABGASEN EINER  
VERBRENNUNGSANLAGE**

METHOD FOR OPTIMISING THE BURNOUT OF EXHAUST GASES OF AN INCINERATOR

PROCÉDÉ D'OPTIMISATION DE LA COMBUSTION TOTALE DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT D'UNE  
INSTALLATION DE COMBUSTION

(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**

(30) Priorität: **29.03.2011 EP 11002575**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**05.02.2014 Patentblatt 2014/06**

(73) Patentinhaber: **Hitachi Zosen Inova AG  
8005 Zürich (CH)**

(72) Erfinder: **WALDNER, Maurice, Henri  
CH-5430 Wettingen (CH)**

(74) Vertreter: **Schaad, Balass, Menzl & Partner AG  
Bellerivestrasse 20  
Postfach  
8034 Zürich (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 1 081 434 EP-A1- 1 081 434**  
**EP-A2- 1 077 077 EP-A2- 1 077 077**  
**EP-A2- 1 508 745 EP-A2- 1 508 745**  
**DE-A1-102004 037 442 JP-A- 2009 121 747**  
**US-A- 5 313 895 US-A- 5 313 895**

- **dd: Maßnahmen zur Minderung  
feuerraumseitiger Korrosionen, no. hh ,**
- **Ferdinand Krull, Walter Bienert: "Von der  
konventionellen W alzenrostfeuerung  
zurfreiprogrammierbaren  
Feuerleistungsregelung mitOptimierung der  
Feuerraumgeometriein der MV A Diisseldorf" In:  
Reimann d.o.: "Rostfeuerung zur  
Abfallverbrennung", pages 519-546,**
- **F. KRÜL L: "Verfahren zur numerischen  
Simulation von Müllrostfeuerung", Dissertation,  
2001, pages 1-237,**
- **Krull: "Die Auswirkung unterschiedlicher  
Sekundärluftverteilungen auf den  
Verbrennungsablauf in einer  
Müllrostfeuerung", , pages 1-6,**
- **Obernberger: "Abbrand- und NOx-Simulation für  
Biomassefeuerung", BmVIT, September 2003  
(2003-09), pages 1-155,**

**EP 2 691 701 B2**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung des Ausbrands von Abgasen einer Verbrennungsanlage gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ein derartiges Verfahren wird z.B. in der EPA-1508745 beschrieben. Verbrennungsanlagen zur Verbrennung von festen Brennstoffen wie Siedlungsabfällen, Ersatzbrennstoffen, Biomasse und anderen Materialien sind dem Fachmann bestens bekannt. Solche Anlagen umfassen eine Brennkammer, in dem der Feststoff unter Zuführung von Primärluft verbrannt wird, was als Primärverbrennung bezeichnet wird. Dabei durchläuft der Feststoff vom Einlass in die Brennkammer zum Auslass hin verschiedene Teilprozesse, die sich grob in Trocknung, Zündung, Verbrennung und Ascheausbrand unterteilen lassen.

**[0002]** In jedem dieser Teilprozesse werden Abgase unterschiedlicher Zusammensetzung generiert. Während in der Trocknungsphase die Primärluft lediglich Feuchtigkeit aus dem zu verbrennenden Feststoff aufnimmt, finden sich in der Zündungsphase pyrolytische Zersetzungsprodukte. Im Gegensatz zur Trocknungsphase wird der in der Zündungsphase zugeführte Sauerstoff oft vollständig umgesetzt, sodass der in dieser Phase generierte Abgasstrom nur sehr wenig oder gar keinen Sauerstoff aufweist. In der Verbrennungsphase entstehen Abgase mit typischen Zusammensetzungen aus CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O und N<sub>2</sub>, während schliesslich über dem Ascheausbrand praktisch unverbrauchte Luft vorliegt.

**[0003]** In der Regel gelangen diese unterschiedlichen Abgasströme nach der Primärverbrennung in eine in Strömungsrichtung abwärts angeordnete Nachbrennkammer, wo sie unter Zuführung von Sekundärluft ausgebrannt werden, was als Sekundärverbrennung bezeichnet wird.

**[0004]** Ein eine Verbrennung des Feststoffs und eine Nachverbrennung der unvollständig verbrannten Abgasbestandteile umfassendes Verfahren ist etwa aus der WO 2007/090510 bekannt, welches zum Ziel hat, die primären Stickstoffverbindungen NH<sub>3</sub> und HCN abzubauen, um die Bildung von Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) in der Nachverbrennungskammer zu minimieren.

**[0005]** EP-A-1077077 betrifft ein ähnliches Verfahren wie das der WO2007/090510, wobei zur Entstickung der Rauchgase das SNCR-Verfahren verwendet wird, bei dem kein Katalysator verwendet, sondern ein Reduktionsmittel in die Rauchgase eingedüst wird. Solche SNCR-Verfahren arbeiten bei Temperaturen von 850 bis 1000°C und bedürfen einer ausgefeilten Regelung.

**[0006]** Die Verminderung von Stickoxiden wird zudem in WO 99/58902 thematisiert. Gemäss dem darin beschriebenen Verfahren werden die aus der Brennkammer austretenden Gase unter Zugabe eines sauerstofffreien oder sauerstoffarmen Mediums in einer Mischstufe homogenisiert, wonach der homogenisierte Abgasstrom eine Beharrungszone durchläuft, in der die bereits gebil-

deten Stickoxide reduziert werden sollen. Je nach Betriebsbedingungen kann es vorkommen, dass die Menge an anfallendem Pyrolysegas derart gross ist, dass die lokal zur Verfügung stehende Sekundärluftmenge für einen vollständigen Ausbrand nicht ausreicht. Dies führt dazu, dass unverbrannte Gase aus der Nachverbrennungskammer entweichen, was sich zum Beispiel in CO-Spitzen im Kamin niederschlägt.

**[0007]** Als Resultat der verschiedenen Verbrennungszonen ergibt sich nebst den Unterschieden in der Zusammensetzung der Abgasströme auch eine Temperaturschiefelage. So liegt in der Zündungs- und der Verbrennungszone eine wesentlich höhere Temperatur vor als etwa in der Ascheausbrandzone. Diese Schiefelage wird in der Nachverbrennungskammer noch verstärkt, da die in der Zündungs- und Verbrennungszone generierten Abgase über einen höheren Anteil an verbrennbaren Primärverbrennungsgasen verfügen als das in der Ascheausbrandzone generierte Abgas, und die Verbrennung dieser verbrennbaren Gase die Temperatur zusätzlich erhöht.

**[0008]** Im Kessel 6 der Müllverbrennungsanlage Düsselhof Flingern (DE) wird mittels Seitenwanddüsen quer zur Bewegungsrichtung des Verbrennungsguts Luft eingedüst, um eine Umlenkung der aufsteigenden Abgase zu erreichen (beschrieben in der Dissertation von Ferdinand Krüll, 2001).

**[0009]** Gerade im einlassseitigen Bereich kann die die Brennkammer bzw. die Nachbrennkammer umgebende periphere Wand einerseits durch die vorherrschenden hohen Temperaturen Schaden nehmen. Andererseits können in diesem Bereich aufgrund der hohen Temperaturen Anbackungen oder Verkokungen auftreten, die in aufwändigen Wartungsarbeiten entfernt werden müssen.

**[0010]** Dem Problem, die Menge an unverbrannten Substanzen und insbesondere CO zu vermindern, versuchen etwa die in EP-A-1081434, EP-A-1382906 und US-B-5313895 beschriebenen Verfahren beizukommen. So wird etwa gemäss US-B-5313895 ein Mischfluid eingeführt, das die aus der Brennkammer austretenden Gase in einen Wirbelstrom versetzt. Zudem wird etwa in der EP-A-1081434 zur Einführung des Fluids eine spezielle Düsenanordnung beschrieben, durch welche in einer im Bereich der Flammdecke liegenden Eindüsebene eine rotierende Strömung im Strömungskanal erzeugt wird. Allerdings trägt insbesondere das in US-B-5313895 beschriebene Verfahren dem Problem der in der Brennkammer vorliegenden Temperaturschiefelage nur in unbefriedigender Weise Rechnung. So soll gemäss besagter Druckschrift in der Brennkammer die Temperatur im einlassseitigen Bereich mittels Eindüsung von Wassertropfen bzw. Wasserdampf reduziert werden. Dies ist aber im Hinblick auf die Energierückgewinnungsbilanz nachteilig. Ziel der vorliegenden Erfindung ist es somit, ein Verfahren zur Optimierung des Ausbrands von Abgasen einer Verbrennungsanlage zur Verfügung zu stellen, welches einerseits eine hohe Betriebssicherheit ge-

währleistet und welches es andererseits erlaubt, eine hohe Energierückgewinnung aus der Verbrennung zu erhalten.

**[0011]** Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäss Anspruch 1. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen wiedergegeben.

**[0012]** Mithin umfasst das erfindungsgemässe Verfahren die Schritte, dass der zu verbrennende Feststoff über einen Einlass in einen primären Verbrennungsraum definierende Brennkammer eingeführt wird, der Feststoff im primären Verbrennungsraum in Form eines über einen Verbrennungsrost geförderten Brennbetts unter Zuführung von Primärluft verbrannt und der verbrannte Feststoff über einen in Förderrichtung dem Einlass gegenüberliegend angeordneten Auslass aus dem primären Verbrennungsraum ausgetragen wird.

**[0013]** Die bei der Verbrennung des Feststoffes frei werdenden primären Verbrennungsgase werden in einer in deren Strömungsrichtung stromabwärts, d.h. in der Regel oberhalb der Brennkammer angeordneten, einen sekundären Verbrennungsraum definierenden Nachbrennkammer unter Zuführung von Sekundärluft verbrannt.

**[0014]** Vor Eintritt in den sekundären Verbrennungsraum, d.h. in Strömungsrichtung stromaufwärts und somit in der Regel unterhalb davon, werden die primären Verbrennungsgase enthaltenden Abgase in einer Mischzone homogenisiert. Dies erfolgt mittels eines über eine Düse eingeführten Fluids.

**[0015]** In diesem Zusammenhang ist "eine" (Düse) als unbestimmter Artikel zu verstehen; damit umfasst der Begriff sowohl eine einzige als auch mehrere Düsen.

**[0016]** Unter Homogenisierung wird in diesem Zusammenhang verstanden, dass die Abgase bzw. die einzelnen Abgasströme unterschiedlicher Zusammensetzung derart gemischt werden, dass ein möglichst homogenes Gasgemisch erhalten wird. Erfindungsgemäss schliesst nun die Mischzone in Strömungsrichtung der Abgase wenigstens annähernd unmittelbar an das Brennbett an. In der Regel ist sie somit mit anderen Worten wenigstens annähernd unmittelbar oberhalb des Brennbetts angeordnet. Dies erlaubt es, sehr heisse Abgasströme, wie sie etwa in der Zündungs- oder Verbrennungszone entstehen können, praktisch unmittelbar oberhalb des Brennbettes mit den kühleren Abgasströmen aus der Trocknungs- und Ascheausbrandzone zu mischen und somit Temperaturspitzen frühzeitig auszugleichen bzw. zu senken. Gleichzeitig erlaubt es das Verfahren, dass die Energierückgewinnungsbilanz nicht beeinträchtigt wird, wie dies etwa bei der Kühlung mittels eines Kühlmediums der Fall wäre.

**[0017]** Im Übrigen wird durch die Homogenisierung der in den einzelnen Verbrennungszonen generierten Abgasströme ein Gasgemisch erhalten, das optimal für die Nachverbrennung im sekundären Verbrennungsraum vorkonditioniert ist. Im Resultat erlaubt es die vorliegende Erfindung somit, selbst bei niedrigem (Sekundär)luftü-

berschuss einen optimalen Ausbrand der Abgase zu gewährleisten; die Emission an Schadstoffen, wie etwa CO oder unverbrannten Kohlenwasserstoffen, kann somit auch bei geringen Mengen an zugeführter Sekundärluft sehr gering gehalten werden.

**[0018]** Weiter wurde gefunden, dass die Mischung der in der Verbrennungszone generierten, reduzierten stickstoffhaltigen Verbrennungsgase (Stickoxid-Vorläufer-Substanzen) mit dem über der Trocknungs- bzw. der Ausbrandzone vorliegenden Sauerstoff nicht in einer Zunahme an Stickoxiden resultiert. Dies kann dadurch erklärt werden, dass im Zuge der Mischung des Abgasstromes aus der Verbrennungszone mit den in der Trocknungs- und Ausbrandzone anfallenden sauerstoffreichen Abgasströmen gleichzeitig dessen Temperatur gesenkt wird, was die Bildung von thermischem NO<sub>x</sub> unterbindet.

**[0019]** Wie oben ausgeführt, wird das Fluid erfindungsgemäss über eine oder mehrere Düsen eingeführt.

**[0020]** Erfindungsgemäss beträgt die Austrittsgeschwindigkeit des Fluids aus der Düse ca. 40 bis ca. 120 m/s, wobei die Düse im Sinne der vorliegenden Erfindung in einem Winkel von -10° bis +10° relativ zur Neigung des Verbrennungsrosts ausgerichtet wird, sodass in der Mischzone die primären Verbrennungsgase aus einer Trocknungs- und Ascheausbrandzone mit den primären Verbrennungsgasen aus einer Zündungs- und Verbrennungszone gemischt werden.

**[0021]** Zusätzlich zu den oben definierten Düsen können weitere Düsen vorhanden sein, die nicht im oben definierten Winkel relativ zur Neigung des Verbrennungsrosts ausgerichtet sind.

**[0022]** Unter Neigung des Verbrennungsrosts wird in diesem Zusammenhang die totale Neigung des Rostes (und nicht die Ausrichtung gegebenenfalls vorhandener einzelner Roststufen) verstanden.

**[0023]** Durch die erfindungsgemässe Ausrichtung der Düse wird gewährleistet, dass auch bei erfindungsgemässer Anordnung der Mischzone unmittelbar oberhalb des Brennbetts ein übermässiges Aufwirbeln von Feststoffen vom Rost vermieden wird.

**[0024]** Zur Vermeidung einer Aufwirbelung von Feststoffen trägt auch die erfindungsgemässe Eindüsgeschwindigkeit des Fluids von ca. 40 bis ca. 120 m/s bei.

**[0025]** Die gefundene Kombination von erfindungsgemässer Düsenanordnung und Eindüsgeschwindigkeit ermöglicht somit insgesamt, die Mischzone in Strömungsrichtung der Abgase wenigstens annähernd unmittelbar an das Brennbett anzuschliessen, ohne dass es zu einem übermässigen unerwünschten Aufwirbeln der Feststoffe vom Verbrennungsrost kommt.

**[0026]** Dass bereits mit der erfindungsgemässen Eindüsgeschwindigkeit von ca. 40 bis ca. 120 m/s eine gute Homogenisierung erhalten werden kann, ist umso überraschender, als im Stand der Technik wesentlich höhere Werte gelehrt werden. So wird etwa in der EP-A-1508745 beispielsweise eine Austrittsgeschwindigkeit von mindestens 1 MACH offenbart. Eine MACH-Zahl von 1 ist

gleichbedeutend mit der Schallgeschwindigkeit, die für Luft bei 20°C in der Regel mit 343 m/s angegeben wird und bei höheren Temperaturen, wie sie in Feuerräumen vorzufinden sind, noch höhere Werte annimmt. Der Abstand zwischen der Mischzone und dem Brennbett kann höchstens 1,5 Meter, vorzugsweise höchstens 0,8 Meter betragen. Dieser Abstand bezeichnet somit die Maximaldistanz zwischen der oberen Grenze des Brennbetts und dem Beginn der Mischzone in Strömungsrichtung der Abgase betrachtet. Besagte Maximaldistanz fällt in Anbetracht der üblichen Dimensionen einer Verbrennungsanlage immer noch unter den Begriff "annähernd oberhalb des Brennbetts". Da die obere Grenze des Brennbetts typischerweise ca. 0,3 bis 1 Meter oberhalb der Fläche des Verbrennungsrosts liegt, ist die Mischzone vom Verbrennungsrost entsprechend beabstandet. Des Weiteren kann sich die Mischzone höchstens bis zu einem vom Brennbett aus gemessenen Abstand von 2 Meter hin erstrecken. In Strömungsrichtung der Abgase betrachtet endet somit die Mischzone nach höchstens 2 Metern und somit noch in ausreichendem Abstand vor der Sekundärluftzündung. Bei der erfindungsgemäss wenigstens annähernd unmittelbar an das Brennbett anschliessenden Mischzone ist die genannte obere Grenze ausreichend, um die erwünschte Homogenisierung der Abgase zu erhalten.

**[0027]** Eine besonders gute Homogenisierung wird erreicht, wenn gemäss einer bevorzugten Ausführungsform die Austrittsgeschwindigkeit des Fluids aus der Düse ca. 90 m/s beträgt.

**[0028]** Die Austrittsgeschwindigkeit bezieht sich dabei auf die Geschwindigkeit, die das Fluid beim Austritt aus der Düsenöffnung aufweist. Die standardmässig verwendeten Düsen weisen in der Regel einen kreisförmigen Düsenquerschnitt von 60 mm bis 200 mm auf. Denkbar ist, dass sich der Düsenquerschnitt in Richtung zur Düsenmündung hin stetig verjüngt, sodass der Durchmesser der Austrittsöffnung der Düse 60 mm bis 90 mm beträgt.

**[0029]** Um ein durch die Einführung des Fluids verursachtes Aufwirbeln der Feststoffe zu minimieren, wird die jeweilige Düse bevorzugt in einem Winkel von -10° bis +5°, bevorzugter von -5° bis +5°, relativ zur Neigung des Verbrennungsrosts ausgerichtet. Die jeweilige Düse kann in einem Winkel von -10° bis 0° relativ zur Neigung des Verbrennungsrosts ausgerichtet sein. Gemäss einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst das Fluid ein aus einer stromabwärts des sekundären Verbrennungsraums nachgeschalteten Zone zurückgeführtes Rauchgas. In konventionell ausgestalteten Müllverbrennungsanlagen erfolgt die Zurückführung dabei vorzugsweise aus einer Zone zwischen dem Dampferzeuger und dem Kamin. In der Regel beträgt die Menge an eingeführtem Rauchgas ca. 5 bis 35% der zugeführten Primärluftmenge, vorzugsweise ca. 20%. Alternativ oder zusätzlich zum Rauchgas kann jedes andere erdenkliche Fluid verwendet werden, insbesondere Luft, ein Inertgas, wie z.B. Stickstoff, Wasserdampf oder Mischungen da-

von.

**[0030]** Da die höchsten Temperaturen in der Regel im einlassseitigen Bereich der Brennkammer vorliegen, erfolgt die Eindüsung des Fluids gemäss einer bevorzugten Ausführungsform über eine in diesem Bereich angeordnete Düse bzw. Düsenreihe. Somit kann eine sehr ausgeprägte Temperaturschiefelage und somit eine Beschädigung oder Verunreinigung der den Verbrennungsraum umgebenden peripheren Wand wirksam verhindert werden.

**[0031]** Insbesondere dann, wenn als Fluid ein zurückgeführtes Rauchgas verwendet wird, weist die jeweilige Düse vorzugsweise ein Aussenrohr und ein in axialer Richtung des Aussenrohrs verlaufendes und von diesem umschlossenes Innenrohr auf, wobei das Innenrohr zur Führung des Rauchgases bestimmt ist und das Aussenrohr zur Führung von Luft. Vorzugsweise beträgt der Innendurchmesser des Innenrohrs dabei ca. 70 mm, während der Innendurchmesser des Aussenrohrs, d.h. der Aussendurchmesser des zwischen Innenrohr und Aussenrohr vorliegenden Ringspalts, ca. 110 mm beträgt.

**[0032]** Der Luftstrom dient in dieser Ausführungsform als Abschirmung, der die Düse vor der Anlagerung von im Rauchgas mitgeführten Verunreinigungen schützt. Gerade bei den im einlassseitigen Bereich vorliegenden Temperaturen könnten solche Anlagerungen leicht zu Anbackungen führen, die im Extremfall zum Ausfall der Düse führen können; dies wird gemäss der geschilderten Ausführungsform wirksam unterbunden.

**[0033]** Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn pro Meter der Brennkammerbreite mindestens 1 Düse vorgesehen ist. Bevorzugt erfolgt die Einführung des Fluids über mindestens zwei Düsen, bevorzugter mindestens sechs Düsen. Dies gewährleistet eine möglichst vollständige Homogenisierung bei relativ geringer Menge an eingedüstem Fluid. Eine Brennkammer einer Verbrennungsanlage zum Durchführen des Verfahrens kann eine einen primären Verbrennungsraum umschliessende periphere Wand, einen Einlass zur Einführung des zu verbrennenden Feststoff in den primären Verbrennungsraum, einen Verbrennungsrost zur Verbrennung des Feststoffes, einen dem Einlass in Förderrichtung des Feststoffes gegenüberliegend angeordneten Auslass zur Austragung des verbrannten Feststoffes aus dem primären Verbrennungsraum und eine Düse zur Homogenisierung der die bei der Verbrennung frei werdenden primären Verbrennungsgase enthaltenden Abgase umfassen. Dabei ist die Düse in einem Bereich von höchstens 3 Meter, bevorzugt 0,5 Meter bis 3 Meter, am meisten bevorzugt 0,5 bis 2 Meter oberhalb des Verbrennungsrosts angeordnet.

**[0034]** In der Regel ist die Düse in der peripheren Wand der Brennkammer angeordnet, vorzugsweise im Bereich des Einlasses oder des Auslasses.

**[0035]** Um zu vermeiden, dass die Homogenisierung mit einer Aufwirbelung des im Brennbett vorliegenden Feststoffes einhergeht, ist die Düse in einem Winkel von -10° bis +10°, bevorzugt von -10° bis +5°, bevorzugter

von  $-5^\circ$  bis  $+5^\circ$ , relativ zur Neigung des Verbrennungsrosts ausgerichtet. Des Weiteren kann die jeweilige Düse in einem Winkel von  $-10^\circ$  bis  $0^\circ$  relativ zur Neigung des Verbrennungsrosts ausgerichtet sein. Die Erfindung wird anhand der anliegenden Figuren veranschaulicht. Von diesen zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Brennkammer und einer teilweise dargestellten Nachbrennkammer zur Durchführung des Verfahrens gemäss der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 2 eine graphische Darstellung der gemessenen  $O_2$ -Konzentration (in Vol-%) bzw. CO-Konzentration (in  $mg/m^3$  im Normzustand) über die Zeit in einem in der Verbrennungszone generierten Abgasstrom, wobei die Düsen in einzelnen Zeitintervallen ein- bzw. ausgeschaltet sind.

**[0036]** Wie in Fig. 1 gezeigt, wird der zu verbrennende Feststoff 2 in einen Einfülltrichter 4 eingefüllt und von diesem in der Regel mittels eines Dosierstössels über einen Einlass 6 in die Brennkammer 8 eingeführt. Die Brennkammer 8 umfasst eine periphere Wand 10, die einen sich nach oben hin verjüngenden, primären Verbrennungsraum 12 umschliesst.

**[0037]** Der Feststoff 2 wird in Form eines Brennbetts 14 über einen von Primärluft durchströmten (Vorschub-)Verbrennungsrost 16 gefördert und dabei verbrannt. In Förderrichtung F liegen dabei aufeinanderfolgend eine Trocknungszone, eine Zündungszone, eine Verbrennungszone und eine Ascheausbrandzone vor, ehe der verbrannte Feststoff über einen dem Einlass 6 gegenüberliegend angeordneten Auslass 18 ausgetragen und in der Folge über einen Entschlacker einer Schlackenförderung zugeführt wird. Die Verteilung der Primärluft erfolgt in der gezeigten Ausführungsform über einzelne Unterwindkammern 20a, 20b, 20c, 20d, die über separate Primärluftleitungen 22a, 22b, 22c, 22d gespeist werden.

**[0038]** In der peripheren Wand 10 der Brennkammer sind in Fig. 1 mittels Pfeilen angedeutete Düsen 24a, 24b, 24c angeordnet, über welche ein Fluid in die Brennkammer 8 eingeführt wird.

**[0039]** Die Düsen sind dabei derart ausgestaltet, dass die Austrittsgeschwindigkeit des Fluids aus den Düsen 40 bis 120 m/s beträgt.

**[0040]** In der gezeigten Ausführungsform ist eine Düse 24a im einlassseitigen Bereich 8' der Brennkammer 8 angeordnet, spezifisch in einem dem Einlass zugewandten, schräg nach oben verlaufenden Teil 10' der peripheren Wand 10. Zwei Düsen 24b, 24c sind im auslassseitigen Bereich 8'' angeordnet, wobei eine Düse 24b im schräg nach oben verlaufenden Teil 10'' und eine in dem die Stirnseite 25 definierenden, senkrecht verlaufenden Teil 10''' der peripheren Wand angeordnet ist. Denkbar ist aber auch jede andere für die Zwecke der vorliegenden Erfindung geeignete Zahl und Anordnung der Düsen.

**[0041]** Mittels der Düsen 24a, 24b, 24c werden die Abgase, welche die bei der Verbrennung freiwerdenden Verbrennungsgase enthalten, in einer in deren Strömungsrichtung wenigstens annähernd unmittelbar an das Brennbett 14 anschliessenden Mischzone 26 homogenisiert. Diese Homogenisierung wird in der Figur mittels gestrichelter Pfeile angedeutet, wobei A schematisch den Bereich mit relativ hoher Temperatur und relativ hoher Konzentration an primären Verbrennungsgasen bezeichnet, und B den Bereich mit tieferer Temperatur und tieferer Konzentration primärer Verbrennungsgase bezeichnet. Nach der Homogenisierung, also in der Figur oberhalb der mit A und B bezeichneten Bereiche, liegen die Abgase in Form eines homogenen Gasgemischs vor.

**[0042]** Dieses strömt in eine der Brennkammer 8 nachgeschaltete, einen sekundären Verbrennungsraum 27 definierende Nachbrennkammer 28, in welcher die Abgase unter Zuführung von Sekundärluft verbrannt werden. Hierzu sind in der peripheren Wand 30 der Nachbrennkammer 28 weitere Düsen 32a, 32b zur Einführung der Sekundärluft vorgesehen.

**[0043]** Wie in Fig. 2 veranschaulicht führt die Einführung des Fluids bei betätigter Düse in Position EIN dazu, dass die lokal in dem in der Verbrennungszone generierten Abgasstrom gemessene  $O_2$ -Konzentration (in dicken ausgezogenen Linien gezeigt) mit der globalen, d.h. der in dem in der Brennkammer generierten Abgas insgesamt vorliegenden  $O_2$ -Konzentration (in dünnen gestrichelten Linien gezeigt), annähernd korrespondiert. Demgegenüber liegt bei nicht-betätigter Düse in Position AUS die lokal gemessene  $O_2$ -Konzentration wesentlich tiefer als die global gemessene.

**[0044]** Betreffend CO-Konzentration wird bei betätigter Düse ein relativ tiefer, annähernd konstanter Wert erhalten, während bei nicht betätigter Düse relativ hohe und stark divergierende Werte erhalten werden, was die Homogenisierung der Abgase durch die Einführung des Fluids weiter veranschaulicht.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Optimierung des Ausbrands von Abgasen einer Verbrennungsanlage, umfassend die Schritte, dass

der zu verbrennende Feststoff (2) über einen Einlass (6) in eine einen primären Verbrennungsraum (12) definierende Brennkammer (8) eingeführt wird,

der Feststoff (2) im primären Verbrennungsraum (12) in Form eines über einen Verbrennungsrost (16) geförderten Brennbetts (14) unter Zuführung von Primärluft verbrannt und der verbrannte Feststoff über einen in Förderrichtung (F) dem Einlass (6) gegenüberliegend angeordneten Auslass (18) aus dem primären Verbrennungsraum (12) ausgetragen wird, und

- die bei der Verbrennung des Feststoffs (2) frei werdenden primären Verbrennungsgase in einer in deren Strömungsrichtung stromabwärts der Brennkammer (8) angeordneten, einen sekundären Verbrennungsraum (27) definierenden Nachbrennkammer (28) unter Zuführung von Sekundärluft verbrannt werden, wobei die die primären Verbrennungsgase enthaltenden Abgase vor Eintritt in den sekundären Verbrennungsraum (27) in einer Mischzone (26) mittels eines über eine Düse (24a, 24b, 24c) eingeführten Fluids homogenisiert werden, wobei die Mischzone (26) in Strömungsrichtung der Abgase wenigstens annähernd unmittelbar an das Brennbett (14) anschliesst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Austrittsgeschwindigkeit des Fluids aus der Düse (24a, 24b, 24c) 40 bis 120 m/s beträgt, und dass die Düse (24a, 24b, 24c) in einem Winkel von  $-10^\circ$  bis  $+10^\circ$  relativ zur Neigung des Verbrennungsrosts (16) ausgerichtet ist, sodass in der Mischzone (26) die primären Verbrennungsgase aus einer Trocknungs- und Ascheausbrandzone mit den primären Verbrennungsgasen aus einer Zündungs- und Verbrennungszone gemischt werden.
2. Verfahren gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Austrittsgeschwindigkeit des Fluids aus der Düse (24a, 24b, 24c) 90 m/s, beträgt.
  3. Verfahren gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düse (24a, 24b, 24c) in einem Winkel von  $-5^\circ$  bis  $+5^\circ$  relativ zur Neigung des Verbrennungsrosts (16) ausgerichtet ist.
  4. Verfahren gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid ein aus einer stromabwärts des sekundären Verbrennungsraums (27) nachgeschalteten Zone zurückgeführtes Rauchgas umfasst.
  5. Verfahren gemäss Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Menge an eingeführtem Rauchgas 5% bis 35%, vorzugsweise ca. 20% der zugeführten Primärluftmenge beträgt.
  6. Verfahren gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Eindüsung des Fluids über eine im einlassseitigen Bereich der Brennkammer (8) angeordnete Düse (24a) erfolgt.
  7. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düse (24a, 24b, 24c) ein Aussenrohr und ein in axialer Richtung

des Aussenrohrs verlaufendes und von diesem umschlossenes Innenrohr aufweist, wobei das Innenrohr zur Führung des Rauchgases bestimmt ist und das Aussenrohr zur Führung von Luft.

8. Verfahren gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einführung des Fluids über mindestens zwei Düsen (24a, 24b, 24c), vorzugsweise mindestens sechs Düsen (24a, 24b, 24c), erfolgt.

## Claims

1. Method for optimizing the burnout of exhaust gases of an incinerator, said method comprising the steps, that
 

the solid material (2) to be combusted is introduced via an inlet (6) into a combustion chamber (8) defining a primary combustion space (12), the solid material (2) in the primary combustion space (12), in the form of a combustion bed (14) conveyed over a combustion grate (16), is combusted with admission of primary air and the combusted solid material is discharged from the primary combustion space (12) via an outlet (18) arranged opposite the inlet (6) in the conveying direction (F), and

the primary combustion gases released during the combustion of the solid material (2) are combusted, with admission of secondary air, in a secondary combustion chamber (28) defining a secondary combustion space (27) and arranged downstream of the combustion chamber (8) in the flow direction of said primary combustion gases,

the exhaust gases containing the primary combustion gases being homogenized in a mixing zone (26) by means of a fluid introduced via a nozzle (24a, 24b, 24c) before entry into the secondary combustion space (27),

the mixing zone (26) adjoining the combustion bed (14) at least approximately directly in the flow direction of the exhaust gases,

**characterized in that** the exit speed of the fluid from the nozzle (24a, 24b, 24c) is 40 to 120 m/s, and **in that** the nozzle (24a, 24b, 24c) is oriented at an angle from  $-10^\circ$  to  $+10^\circ$  relative to the inclination of the combustion grate (16), so that in the mixing zone (26) the primary combustion gases from a drying and ash burnout zone are mixed with the primary combustion gases from an ignition and combustion zone.
2. Method as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the exit speed of the fluid from the nozzle (24a, 24b, 24c) is 90 m/s.

3. Method as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the nozzle (24a, 24b, 24c) is oriented at an angle from -5° to +5° relative to the inclination of the combustion grate (16). 5
4. Method as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the fluid comprises a flue gas returned from a subsequent zone downstream of the secondary combustion space (27). 10
5. Method as claimed in claim 4, **characterized in that** the quantity of introduced flue gas is 5% to 35%, preferably approximately 20%, of the admitted quantity of primary air. 15
6. Method as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the fluid is injected via a nozzle (24a) arranged in the inlet-side region of the combustion chamber (8). 20
7. Method as claimed in either of claims 4 and 5, **characterized in that** the nozzle (24a, 24b, 24c) has an outer pipe and an inner pipe running in the axial direction of the outer pipe and surrounded thereby, the inner pipe being intended to carry the flue gas and the outer pipe being intended to carry air. 25
8. Method as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the fluid is introduced via at least two nozzles (24a, 24b, 24c), preferably at least six nozzles. 30

#### Revendications

1. Procédé pour l'optimisation de la combustion de gaz d'échappement d'un incinérateur comprenant les étapes suivantes: 35
 

la matière solide (2) à incinérer est introduite par une entrée (6) dans une chambre de combustion (8) définissant un espace de combustion primaire (12), 40

la matière solide (2) dans l'espace de combustion primaire (12), sous la forme d'un lit de combustion (14) acheminé sur une grille de combustion (16), est incinérée avec admission d'air primaire et la matière solide incinérée est déchargée de l'espace de combustion primaire (12) par une sortie (18) disposée à l'opposé par rapport à la direction d'acheminement (F) de l'entrée (6), et 45

les gaz de combustion primaires dégagés pendant la combustion de la matière solide (2) sont incinérés avec admission d'air secondaire dans une chambre de combustion secondaire (28) définissant un espace de combustion secondaire (27) et disposée en aval de la chambre de 50

combustion (8) par rapport à la direction d'écoulement desdits gaz de combustion primaires, les gaz d'échappement contenant les gaz de combustion primaires étant homogénéisés dans une zone de mélange (26) à l'aide d'un fluide introduit au moyen d'une buse (24a, 24b, 24c) avant d'entrer dans l'espace de combustion secondaire (27), la zone de mélange (26) étant reliée au moins approximativement directement dans la direction d'écoulement des gaz d'échappement au lit de combustion (14), **caractérisé en ce que** la vitesse de sortie du fluide de la buse (24a, 24b, 24c) est de 40 à 120 m/s, et **en ce que** la buse (24a, 24b, 24c) est orientée avec un angle de -10° à +10° par rapport à l'inclinaison de la grille de combustion (16), de sorte que dans la zone de mélange (26), les gaz de combustion primaires provenant, d'une zone de séchage et de combustion des cendres sont mélangés avec les gaz de combustion primaires provenant d'une zone d'allumage et de combustion.

2. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la vitesse de sortie du fluide de la buse (24a, 24b, 24c) est de 90 m/s. 25
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la buse (24a, 24b, 24c) est orientée avec un angle de -5° à +5° par rapport à l'inclinaison de la grille de combustion (16). 30
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le fluide comprend un gaz de fumée retourné d'une zone raccordée en aval de l'espace de combustion secondaire (27). 35
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la quantité de gaz de fumée introduite est 5% à 35%, préférentiellement approximativement 20%, de la quantité d'air primaire admise. 40
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'injection du fluide est réalisée au moyen d'une buse (24a) disposée dans une région de la chambre de combustion (8) du côté de l'entrée. 45
7. Procédé selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** la buse (24a, 24b, 24c) présente un tube extérieur et un tube intérieur qui s'étend dans la direction axiale du tube extérieur et qui est entouré par celui-ci, le tube intérieur étant conçu pour la conduite du gaz de fumée et le tube extérieur étant conçu pour la conduite d'air. 50
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes 55

tes, **caractérisé en ce que** le fluide est introduit au moyen d'au moins deux buses (24a, 24b, 24c), préférablement d'au moins six buses.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



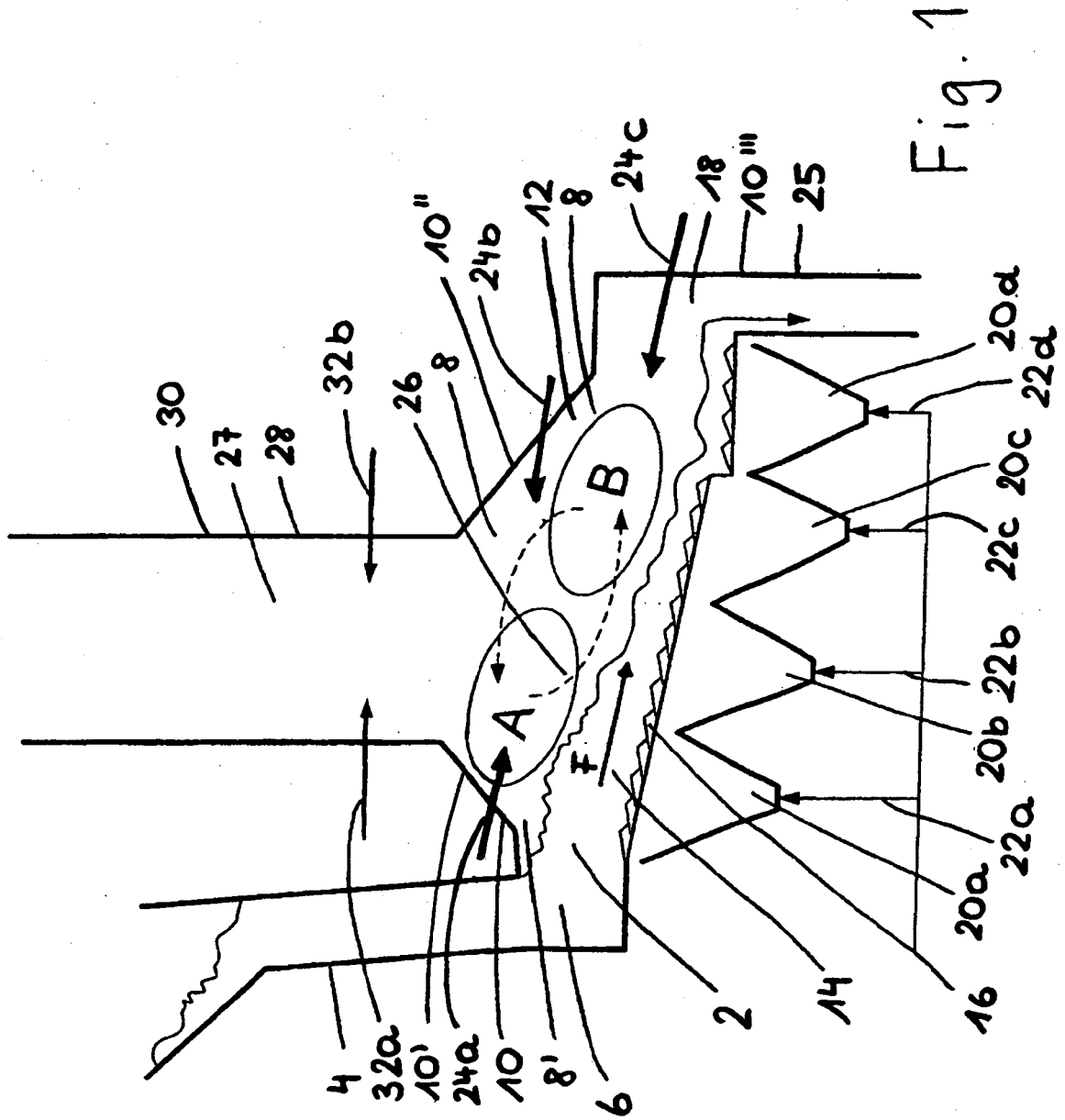
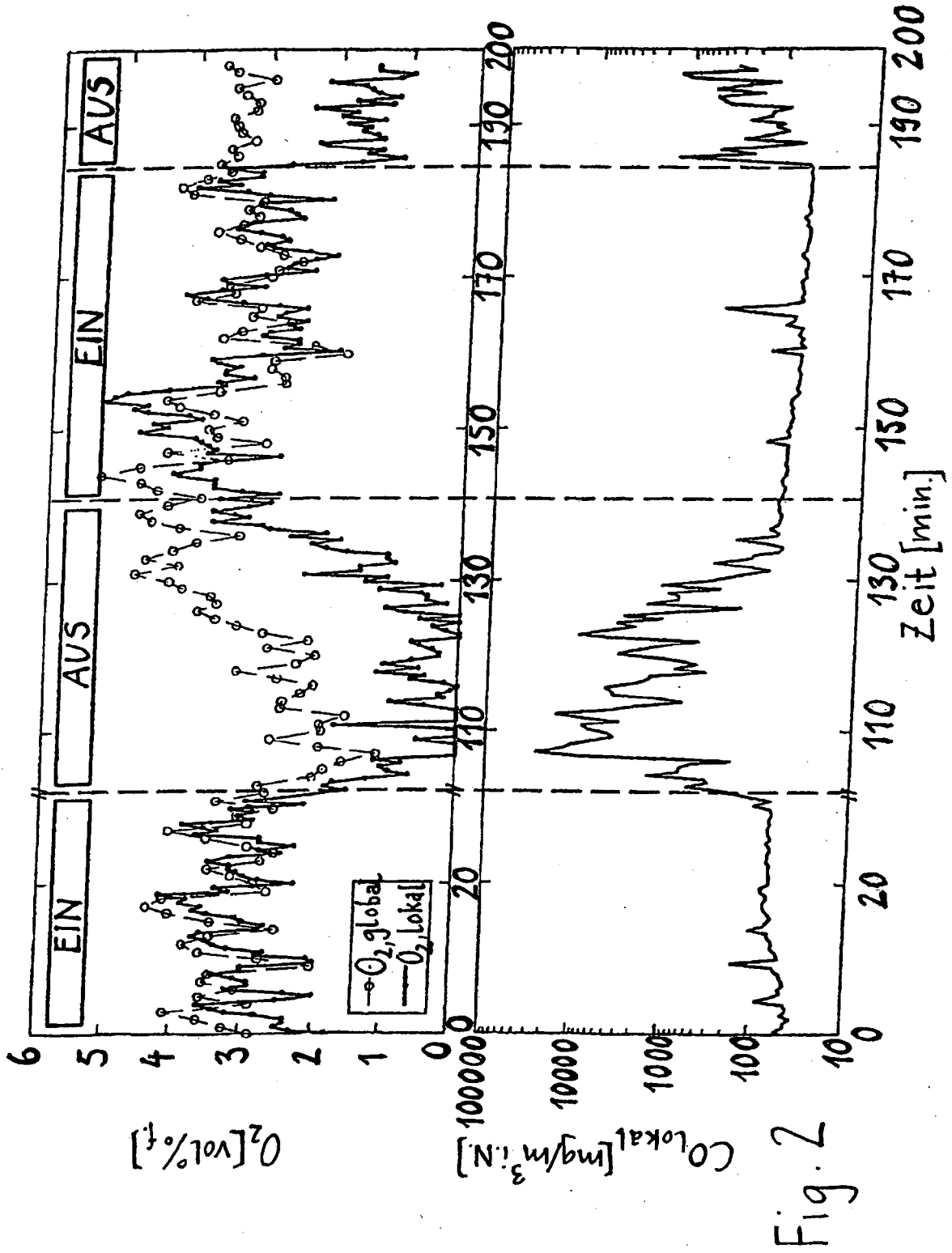


Fig. 1



**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**

- EP 1508745 A [0001] [0026]
- WO 2007090510 A [0004] [0005]
- EP 1077077 A [0005]
- WO 9958902 A [0006]
- EP 1081434 A [0010]
- EP 1382906 A [0010]
- US 5313895 B [0010]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **FERDINAND KRÜLL.** *Dissertation*, 2001 [0008]