



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur vollständigen thermischen Oxidation von flüssigen Abfallstoffen. Dabei wird der Abfallstoff in einen heißen Rauchgasstrom eingebracht, verdampft und thermisch aufoxidiert. Der Rauchgasstrom muß zu diesem Zweck den zur Oxidation nötigen Sauerstoff enthalten.

Derartige Verfahren sind bekannt und z.B. in Chem. Ing. Tech. 63 (1991) S. 621-622 beschrieben. Ein wesentlicher Schritt ist dabei die Ausnutzung der thermischen Energie eines von einer Verbrennungsanlage kommenden Rauchgasstromes zur thermischen Oxidation und damit Entsorgung von flüssigen Abfallstoffen. Der für diesen Oxidationsprozeß nötige Sauerstoff wird mit dem heißen Rauchgasstrom angeliefert; d.h. der Rauchgasstrom muß hinreichende Mengen an Sauerstoff enthalten. Wird das heiße Rauchgas z.B. durch eine Abfallverbrennungsanlage erzeugt, so muß bei der Verbrennung mit einem Sauerstoffüberschuß gearbeitet werden, so daß ein Teil des nicht verbrauchten Sauerstoffs mit dem heißen Rauchgas abgeführt wird.

Anlagentechnisch handelt es sich dabei um eine Verbrennungsanlage mit einer Nachbrennkammer, der die zu entsorgenden flüssigen Abfallstoffe zugeführt werden. In der Nachbrennkammer sind nach dem Stand der Technik einer oder mehrere Spezialbrenner installiert, die mit dem flüssigen Abfallbrennstoff beaufschlagt werden. Der flüssige Abfallbrennstoff wird dabei in der Brennerflamme fein zerstäubt. Der erzeugte Tropfenschwamm bildet einen Vollkegel. Jedem Brenner wird außerdem in ausreichender Menge Verbrennungsluft und die zur Verdüsung des flüssigen Abfallstoffs erforderliche Druckluft zugeführt. Die zerstäubte Flüssigkeit liegt zunächst als Tropfenkollektiv vor, das sich mit der Anfangsgeschwindigkeit der Verdüsung in den Brennraum hineinbewegt. Zwischen den Einzeltropfen strömt die mit Schallgeschwindigkeit aus der Düse ausgetretene Verdüsungsluft. Dieses Zweiphasengemisch wird von der zunächst relativ kalten Verbrennungsluft eingehüllt. Dadurch wird zunächst die Verbrennung verhindert, da weder ein zwischen unterer und oberer Explosionsgrenze liegendes Brenngas-Luft-Gemisch vorliegt noch die erforderliche Zündtemperatur vorhanden ist. Durch Quervermischung in den Außenbereich der Verbrennungsluft vordringende kleinste Brennstofftropfen verdampfen schnell, da dort eine Mischung von Brennluft und heißem Rauchgas vorliegt. Damit setzt die Verbrennung ein. Aufgrund der nun freigesetzten Wärme und weiter fortschreitender Mischung des im Kern vorhandenen Zweiphasengemisches aus Flüssigkeitstropfen und Verdüsungsluft mit heißen Rauchgasen wird in einem sich selbstbeschleunigenden Prozeß immer mehr Brennstoff verbrannt. Der Verbrennungsprozeß wird durch dieses Mischverhalten in der Flamme stark beeinflusst. Es hat daher nicht an Versuchen gefehlt, konstruktive Maßnahmen zur besseren Einmischung des heißen Rauchgases in den Sprühnebel des Brenners zu treffen. Angestrebt wird in jedem Fall eine möglichst vollständige Verbrennung der eingedüsten Abfallstoffe; d.h. ein möglichst vollständiger Ausbrand.

Die Verbrennung von brennbaren Flüssigabfallstoffen in einer Nachbrennkammer ist immer dann problematisch, wenn aufgrund der geometrisch bedingten Anordnung des Brenners im Brennraum und der im Brennraum herrschenden Strömungsverhältnisse die mit dem Abfallbrennstoff gebildete Flamme nicht konstant brennt, sondern flackert. Solche Instabilitäten können auftreten, wenn die Stoffzusammensetzung zeitlich schwankt und/oder wenn ein Wandkontakt mit unverbrannten Tropfen sich nicht vermeiden läßt. Sind mehrere Brenner auf einer Ebene vorhanden, so stellt sich in besonderer Weise das Problem der gegenseitigen Beeinflussung der Flammen und der Einmischung der von den einzelnen Brennern erzeugten Rauchgasströme in den Gesamtrauchgasstrom.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde auch schlecht brennbare flüssige Abfallbrennstoffe so in die Nachbrennkammer einzubringen, daß auch bei ungünstigen Verbrennungsbedingungen ein vollständiger Ausbrand gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird ausgehend von dem eingangs beschriebenen Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der flüssige Abfallbrennstoff in den heißen Rauchgasstrom mit einer zur Hauptströmungsrichtung senkrechten Strömungskomponente als fächerförmiger Flachstrahl mit Hilfe einer oder mehrerer Zweistoffdüsen eingedüst wird, die pulsierend mit einer Frequenz von  $5 \text{ s}^{-1}$  bis  $70 \text{ s}^{-1}$ , vorzugsweise  $10 \text{ s}^{-1}$  bis  $20 \text{ s}^{-1}$  betrieben werden, wobei an jeder Zweistoffdüse im Wechseltakt ein fächerförmiger Sprühteppich mit relativ groben Tropfen großer Reichweite und ein flächenförmiger Sprühteppich mit relativ feinen Tropfen kleiner Reichweite erzeugt wird, so daß der Rauchgasstrom alternierend mit feinversprühten Tropfen kurzer Reichweite und groben, daß Rauchgas mit relativ großer Wurfweite durchdringenden Tropfen beaufschlagt wird.

Vorzugsweise wird der flüssige Abfallstoff in einen Rauchgasstrom eingedüst dessen Temperatur mindestens  $800^\circ\text{C}$  beträgt und dessen Sauerstoffgehalt mindestens so hoch ist, daß eine vollständige Oxidation der brennbaren Stoffe gewährleistet ist.

Die Geometrie der Zweistoffdüsen und die Strömungsbedingungen (Durchsatz und Betriebsdrücke) werden so gewählt, daß der Öffnungswinkel der fächerförmigen Sprühteppiche  $60^\circ$  bis  $160^\circ$  beträgt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung werden der Zerstäubungsgasdurchsatz und der Flüssigkeitsdurchsatz an den Zweistoffdüsen so eingestellt, daß das zeitlich gemittelte Mengenstromverhältnis der Luft- und Flüssigkeitsströme an jeder Zweistoffdüse im Bereich von 0,01 bis 0,2 liegt, während der Momentanwert des Mengenstromverhältnisses entsprechend der Pulsationsfrequenz schwankt.

Die pulsierende Betriebsweise kann durch eine periodische Beaufschlagung der Zweistoffdüse mit Druckgas oder Flüssigkeit erfolgen. Alternativ kann der pulsierende Betrieb auch bei zeitlich konstanter Beaufschlagung mit Druckluft und Flüssigkeit strömungstechnisch in der Zweistoffdüse selbst erzeugt werden.

Mit der Erfindung werden folgende Vorteile erzielt:

- Es wird eine schnelle vollständige Oxidation aller oxidierbaren Flüssigabfall-Inhaltsstoffe erreicht.
- Auch bei niederkalorischen Flüssigabfällen, Abwässern und Schlämmen und auch bei stark schwankenden Heizwerten ist eine betriebssichere Oxidation gewährleistet.
- Im Gegensatz zu den herkömmlichen Brennern in der Nachbrennkammer sind keine zusätzliche Verbrennungsluft-Versorgungen und auch keine Zünd- oder Pilotbrenner erforderlich.
- Die Tropfenfeinheit, die Reichweite und der Sprühwinkel des verdüsten Tropfenschwarms können in weiten Grenzen variiert und damit an vorhandene Brennraumgeometrien angepaßt werden. Dadurch ist auch ein nachträglicher Einbau bzw. eine Nachrüstung bereits vorhandener Anlagen möglich.
- Selbst bei höchstem Flüssigabfalldurchsatz konnte keine Erhöhung des CO-Gehaltes in dem die Nachbrennkammer verlassenden Gasstrom festgestellt werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen und Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch einen Querschnitt durch eine Haupt- und Nachbrennkammer zur Verdüsung und Verbrennung eines flüssigen Abfallstoffes

Fig. 2 den fächerförmigen Sprühteppich der verdüsten Flüssigkeit

Fig. 3 einen Querschnitt durch die Nachbrennkammer aus dem die Anordnung der Zweistoffdüsen und die räumliche Konfiguration der Sprühteppiche in der Nachbrennkammer hervorgehen

Fig. 4 den Aufbau einer für den bimodalen Betrieb geeigneten Zweistoffdüse und

Fig. 5 den Momentanwert des Mengenstromverhältnisses von Luft- und Flüssigkeitsstrom beim bimodalen Betrieb der Zweistoffdüse

Fig. 6 Die Abhängigkeit der Pulsationsfrequenz von der Länge der ersten Resonanzkammer in der Zweistoffdüse.

In Fig. 1 ist schematisch eine Hauptbrennkammer 1 mit einem Brenner 2 und einer Hauptflamme 3 dargestellt. Der Hauptflamme 3 wird soviel Verbrennungsluft bzw. Sauerstoff zugeführt, daß das aus der Hauptbrennkammer 1 abströmende Rauchgas 4 noch einen erheblichen Restsauerstoffgehalt hat (mehr als 6 %). Der Sauerstoffgehalt des Rauchgases kann dadurch variiert werden, daß der Hauptflamme 3 mehr oder weniger im Überschuß Sauerstoff bzw. Verbrennungsluft zugeführt wird.

Das sauerstoffhaltige Rauchgas 4 verläßt die Hauptbrennkammer 1 mit einer Temperatur von 1000°C bis 1400°C und strömt anschließend in die Nachbrennkammer 5. In der Nachbrennkammer 5 erfolgt die Eindüsung von flüssigen Abfallbrennstoffen, die dann im heißen Rauchgasstrom mit dem Restsauerstoff thermisch aufoxidiert und damit entsorgt werden. Üblicherweise (Stand der Technik) sind in der Nachbrennkammer ein oder mehrere Brenner installiert, die mit einer eigenen Brennerluftzufuhr ausgerüstet sind. Die zu behandelnden flüssigen Abfallstoffe werden direkt in die Flammen dieser Brenner eingedüst.

Bei dem neuen Verfahren wird auf Brenner in der Nachbrennkammer verzichtet. Die zu oxidierenden Flüssigkeiten werden mit Hilfe von speziellen Zweistoffdüsenlanzen 6 fächerförmig in den Rauchgasstrom eingedüst. Der fächerförmige Sprühteppich 7 ist in Fig. 2 dargestellt. Seine Querausdehnung b ist wesentlich größer als seine Dicke a (siehe Fig. 1). Der wesentliche Unterschied gegenüber konventionellen Düsenlanzen besteht darin, daß die hier verwendeten Zweistoffdüsenlanzen 6 im Wechseltakt einen fächerförmigen Sprühteppich mit relativ groben Tropfen großer Reichweite und einen fächerförmigen Sprühteppich mit relativ feinen Tropfen kleiner Reichweite erzeugen, so daß der Rauchgasstrom 4 alternierend mit fein versprühten Tropfen kurzer Reichweite und groben, daß Rauchgas mit relativ großer Wurfweite durchdringenden Tropfen beaufschlagt wird. Dieser pulsierende Betrieb wird im folgenden als "bimodale Betriebsweise" bezeichnet.

Gemäß Fig. 3 sind vier bimodale Zweistoffdüsenanlagen 6 rotationssymmetrisch in der Nachbrennkammer 5 angeordnet. Die fächerförmigen Sprühteppiche 7 der Zweistoffdüsenanlagen 6 überlappen sich zum Teil. Einer bimodalen Zweistoffdüsenanlage 6 wird jeweils das Zerstäubungsgas, z.B. Luft und die zu entsorgende Flüssigkeit zugeführt. Der Öffnungswinkel der fächerförmigen Sprühteppiche beträgt ca. 120°. Die Sprühebene liegt senkrecht zur Hauptströmungsrichtung der heißen Rauchgase. Diese Bedingung braucht aber nicht genau eingehalten zu werden. Bei der bimodalen Betriebsweise lösen grobe und feine Tropfen verschiedener Geschwindigkeiten und damit Wurfweiten einander ab. Dadurch wird die Bildung einer geschlossenen Dampf Wolke verhindert, die von den heißen umgebenden Rauchgasen nur schwer zu durchdringen wäre. Die bimodale Verdüsung ist auch durch ein sehr breites Tropfenspektrum gekennzeichnet. Beim Durchsatz von 1,5 m<sup>3</sup>/h wurden grobe Tropfen von ca. 2 mm Durchmesser und einer Reichweite von ca. 6 m einerseits und andererseits kleine Tropfen von ca. 30 µm mit einer Reichweite von ca. 0,4 m beobachtet. Ein wesentliches Charakteristikum dieser Betriebsweise ist der schnell zeitliche Wechsel von feinen Tropfen und groben Tropfen. Die feinen Tropfen werden erzeugt, wenn die Zweistoffdüsenanlage im Modus der Zweistoffzerstäubung arbeitet. Die groben Tropfen entstehen dagegen in dem darauffolgenden Modus des Druckdüsenbetriebs. Die feinen Tropfen verdampfen schnell und zünden in der heißen Atmosphäre auch schnell. Daraus resultiert eine in der Nähe der Düse sich selbst stabilisierende Flamme. Die beim Kontakt mit dem Rauchgas entstehenden, aus Dampf und Rauchgas gebildeten Turbulenzballen 8 sind erheblich kleiner als bei der üblichen Nachverbrennung, weil weder nennenswerte Tropfenkollektive, noch kalte Verbrennungsluft die Verdampfung der Flüssigkeit behindern und auch nicht die Vermischung mit dem heißen Rauchgas verzögern. Insbesondere bei den groben Tropfen wird entlang ihrer Flugbahn eine Dampfschleppe mit räumlich unterschiedlichen Rauchgas-Dampfmischungsverhältnissen erzeugt, wobei das Mengenverhältnis von dampf- zu sauerstoffhaltigem Rauchgas mit der Zeit immer kleiner wird. Liegt lokal ein brennfähiges Gemisch vor, so erfolgt nach einer im ms-Bereich liegenden Zündverzugszeit eine stabile Verbrennung. Wird aber durch die Mischvorgänge während der Zündverzugszeit die untere Zündgrenze unterschritten, kann keine Verbrennung mehr erfolgen. Überraschenderweise wurde festgestellt, daß stattdessen nach einer weiteren Vermischung mit dem Rauchgas eine flammenlose Oxidation stattfindet. Damit ist sichergestellt, daß unabhängig von dem Brennstoff, seiner Verdampfung und der Einmischung von Rauchgas eine Oxidation mit oder ohne Flamme erfolgt. Aufgrund der vorstehend beschriebenen Verbesserungen kann eine vollständige Oxidation aller oxidierbaren Flüssigabfall-Inhaltsstoffe erreicht werden.

Nachfolgend wird die Konstruktion der hier verwendeten Zweistoffdüsenanlagen 6 für bimodalen Betrieb beschrieben. Diese Zweistoffdüsenanlagen machen von einer speziellen Pulsationsdüse Gebrauch.

Die Pulsationsdüse bildet den Vorderteil der in den Figuren 1 bis 3 dargestellten Düsenanlage 6 und besteht gemäß Fig. 4 aus einer in einer Anschweißmuffe 9 eingeschraubten handelsüblichen Flachstrahldüse 10, einem mit der Anschweißmuffe 9 fest verbundenem Hüllrohr 11, einem im Hüllrohr axial verschiebbaren Innenrohr 12, sowie einem am Innenrohr angebrachten Flüssigkeitsverteiler 13. Das Innenrohr 12 mit dem aufgesetzten Flüssigkeitsverteiler 13 ist über Zentrierstege 14 axial verschiebbar im Hüllrohr 11 gelagert. Die erforderliche Abdichtung des verschiebbaren Innenrohres 12 gegenüber dem Hüllrohr 9 ist hier nicht dargestellt.

Durch das Innenrohr 12 strömt die zu oxidierende Flüssigkeit und durch den Ringspalt 15 zwischen dem Innenrohr 12 und dem Hüllrohr 11 Preßluft als gasförmiges Zerstäubermedium. Der Flüssigkeitsverteiler 13 besteht aus einem stirnseitig abgeschlossenen, auf das Innenrohr 12 aufgesetzten Rohrstück mit senkrecht zur Achse orientierten, gegeneinander versetzten Austrittsbohrungen 16. Die zu oxidierende Flüssigkeit tritt aus dem Innenrohr 12 durch die Austrittsbohrungen 16 in eine an den Verteiler 13 anschließende erste Resonanzkammer 17 ein, während die Preßluft über den Ringspalt zwischen Innenrohr 12 und Hüllrohr 11 zugeführt wird. Die Preßluft strömt dabei durch die nutartigen Freiflächen 18 zwischen den Zentrierstegen 14. Die Austrittsbohrungen 16 sind im Verteiler 13 so angebracht, daß sie jeweils in axialer Verlängerung der den Ringspaltquerschnitt partiell verschließenden Zentriersegmente 14 liegen; d.h. die Austrittsbohrungen 16 liegen im Totraum bzw. im Strömungsschatten hinter den Zentrierstegen 14. Auf diese Weise wird eine Vermischung der flüssigen Phase und der gasförmigen Phase (Preßluft) in der Resonanzkammer 17 weitgehend ausgeschlossen.

Die Resonanzkammer 17 wird längsseitig durch das Hüllrohr 11, stirnseitig am Eintritt durch den Flüssigkeitsverteiler 13 und am Austritt durch eine Drossel oder Blende 19 mit einem gegenüber dem Innendurchmesser der Resonanzkammer 17 stark verminderten Querschnitt begrenzt. Bei einer Verschiebung des Innenrohres 12 im Hüllrohr 11 ändert sich die effektive Länge  $a$  und damit auch das Volumen der Resonanzkammer 17.

An die Drossel 19 schließt sich eine weitere Resonanzkammer 20 an. Durch die eigentliche Düsenöffnung am Düsenkopf, die hier als schmaler rechteckigförmiger Schlitz 21 ausgebildet ist, tritt das in der zweiten Resonanzkammer 20 befindliche zweiphasige Gemisch Preßluft/Abfall-Flüssigkeit in den Rauchgaskanal ein. Die zweite Resonanzkammer 20 kann daher auch als Verdüsungskammer angesehen werden. Grundsätzlich könnten auch mehr als zwei Resonanzkammern hintereinander geschaltet werden, die jeweils durch Blenden bzw. Drosseln voneinander getrennt sind.

Es hat sich gezeigt, daß beim Betrieb dieser Zweistrahldüse mit konstantem Preßluft- und Flüssigkeitsvordruck ein pulsierender Ausstoß der Flüssigkeit erfolgt, wobei die Pulsationsfrequenz über das Volumen der Resonanzkammer 17 eingestellt werden kann und in einem typischen Frequenzbereich von 5 s<sup>-1</sup> bis 70 s<sup>-1</sup> liegt. Untersuchungen haben gezeigt, daß bei einem solchen pulsierenden Betrieb an jeder Zweistoffdüse im Wechseltakt ein Sprühfächer mit relativ

groben Tropfen großer Reichweite und ein Sprühfächer mit relativ feinen Tropfen kleiner Reichweite erzeugt wird. Die Pulsationsfrequenzen der Düsenlanzen 6 können dabei unterschiedlich sein. Die relativ groben Tropfen kommen dadurch zustande, daß in dieser Phase praktisch ein reiner Flüssigkeitsausstoß erfolgt, während die in der darauffolgenden Feinsprühphase erzeugten wesentlich kleineren Tropfen auf die Zerstäubung durch die expandierende Preßluft zurückzuführen sind. Bei dieser bimolaren Zerstäubung wird ein sehr breites Tropfenspektrum erzeugt, wobei sich die groben Tropfen durch eine besonders große Wurfweite auszeichnen. Dabei wird ein besonders gleichmäßiger und guter Wärme- und Stoffaustausch zwischen wenig Flüssigkeit und einer relativ großen Gasmenge erreicht. Die Verdüsung findet bei einem Vordruck von 0,8 bis 2,5 bar und bei einem Mengenstromverhältnis Druckluft/Flüssigkeit zwischen 0,01 und 0,2 statt.

In dem Diagramm nach Fig. 5 ist der Momentanwert K des Mengenstromverhältnisses bei einem pulsierenden Betrieb der Zweistoffdüse gemäß Fig. 4 als Funktion der Zeit aufgetragen. Durch die Drossel 19 strömen in einem Extremfall abwechselnd Flüssigkeit und Druckluft, während sich im anderen Extremfall das Mengenstromverhältnis K der gleichzeitig durch die Drosselstelle strömenden gasförmigen und flüssigen Phase praktisch nicht ändert. Aus dem Verdüsumsraum 20 (letzte Resonanzkammer) tritt das Flüssigkeits-Gasgemisch in periodisch veränderliche Zusammensetzung durch die Flachstrahldüsenaustrittsfläche 21 in den Rauchgaskanal ein. Wie in Fig. 5 dargestellt, strebt das Mengenstromverhältnis K von einem oberen Grenzwert - das entspricht einem hohen Anteil von gasförmigen Zerstäubungsmedium an der gesamten durch den Düsenschlitz 21 strömenden Masse - einem unteren Grenzwert zu, um danach wieder auf den Höchstwert anzusteigen. Der obere Grenzwert entspricht dem Zustand der Feinzerstäubung mit geringer Reichweite und der untere Grenzwert der Bildung von groben Tropfen mit großer Reichweite. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch. Die Wiederholfrequenz oder Pulsationsfrequenz kann durch Vergrößerung oder Verkleinerung des Volumens der Resonanzkammer 17 gezielt verändert werden. Wird das Volumen z.B. durch Vergrößerung des Abstandes a vergrößert, so erniedrigt sich die Frequenz (unteres Teilbild in Fig. 5), während sich bei Verkleinerung des Volumens die Pulsationsfrequenz erhöht (oberes Teilbild in Fig. 5). Die an einer Zweistoffdüse gemäß Fig. 3 und Fig. 4 gemessene Abhängigkeit der Pulsationsfrequenz von der Länge a der Resonanzkammer 17 ist in Fig. 6 dargestellt. Das Volumen der Resonanzkammer 17 könnte auch dadurch verändert werden, daß Nebenkammern vorgesehen sind, die bei Bedarf zugeschaltet werden.

Der Pulsationsbetrieb stellt sich bei der oben beschriebenen Resonanzkammer-Zweistoffdüse von selbst ein (Autopulsation). Anstelle des Autopulsations-Betriebes kann auch eine erzwungene Pulsation herbei geführt werden, wenn eine Zweistoffdüse periodisch mit Druckluft oder Flüssigkeit beaufschlagt wird. Dies kann z.B. durch sogenannte Flat-terventile geschehen, die in die Zuleitungen für die Preßluft oder die Flüssigkeit eingebaut sind.

### Beispiele

Die nachfolgenden Versuche wurden mit einem Kresol-Rückstand als flüssiger Abfallstoff durchgeführt.

| 1. Versuch                                                         |                        |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Flüssigrückstand                                                   | Kresol                 |
| Druck flüssigkeitsseitig mit Luft und Produkt                      | 2,5 bar                |
| Durchsatz Produkt                                                  | 1500 l/h               |
| Verdüslungsluftstrom                                               | 115 m <sup>3</sup> /h  |
| Verbrennungsluftstrom                                              | 4200 m <sup>3</sup> /h |
| Brennkammertemperatur                                              | 1100°C                 |
| O <sub>2</sub> -Gehalt im Rauchgas                                 | 10,2 %                 |
| CO-Gehalt im Rauchgas                                              | 5 mg/m <sup>3</sup>    |
| Flamme: Teppichförmig, Zündung ca. 500 mm von Düse entfernt, hell. |                        |

|                                               |                        |
|-----------------------------------------------|------------------------|
| 2. Versuch                                    |                        |
| Flüssigrückstand                              | Kresol                 |
| Druck flüssigkeitsseitig mit Luft und Produkt | 2,5 bar                |
| Durchsatz Produkt                             | 2000 l/h               |
| Verdüslungsluftstrom                          | 100 m <sup>3</sup> /h  |
| Verbrennungsluftstrom                         | 4200 m <sup>3</sup> /h |
| Brennkammertemperatur                         | 1120°C                 |
| O <sub>2</sub> -Gehalt im Rauchgas            | 8,5 %                  |
| CO-Gehalt im Rauchgas                         | 5 mg/m <sup>3</sup>    |
| Flamme: wie vor.                              |                        |

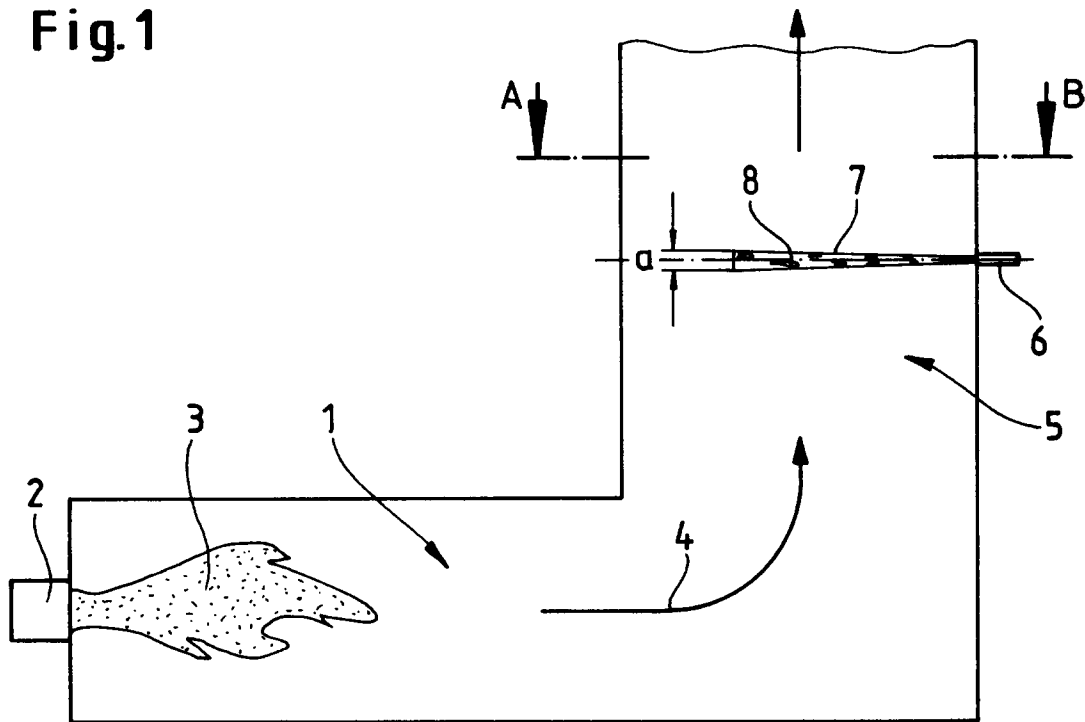
|                                                                    |                        |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 3. Versuch                                                         |                        |
| Flüssigrückstand                                                   | Kresol                 |
| Druck flüssigkeitsseitig mit Luft und Produkt                      | 2,0 bar                |
| Durchsatz Produkt                                                  | 700 l/h                |
| Verdüslungsluftstrom                                               | 80 m <sup>3</sup> /h   |
| Verbrennungsluftstrom                                              | 4500 m <sup>3</sup> /h |
| Brennkammertemperatur                                              | 1120°C                 |
| O <sub>2</sub> -Gehalt im Rauchgas                                 | 7,2 %                  |
| CO-Gehalt im Rauchgas                                              | 5 mg/m <sup>3</sup>    |
| Flamme: Beginn ca. 400 mm von Düse, sehr hell, fast weißer Teppich |                        |

| 4. Versuch                                    |                        |
|-----------------------------------------------|------------------------|
| Flüssigrückstand                              | Kresol                 |
| Druck flüssigkeitsseitig mit Luft und Produkt | 2,5 bar                |
| Durchsatz Produkt                             | 1200 l/h               |
| Verdüsluftstrom                               | 115 m <sup>3</sup> /h  |
| Verbrennungsluftstrom                         | 4400 m <sup>3</sup> /h |
| Brennkammertemperatur                         | 1100°C                 |
| O <sub>2</sub> -Gehalt im Rauchgas            | 9,5 %                  |
| CO-Gehalt im Rauchgas                         | 5 mg/m <sup>3</sup>    |
| Flamme: Etwas voluminöser als zuvor.          |                        |

### Patentansprüche

- Verfahren zur vollständigen thermischen Oxidation von flüssigen Abfallstoffen, bei dem der Abfallstoff in einem heißen Rauchgasstrom (4) verdampft und oxidiert wird, der auch den zur Oxidation nötigen Sauerstoff enthält, dadurch gekennzeichnet, daß der flüssige Abfallbrennstoff in den heißen Rauchgasstrom (4) mit einer zur Hauptströmungsrichtung senkrechten Komponente als fächerförmiger Flachstrahl mit Hilfe einer oder mehrer Zweistoffdüsen (6) eingedüst wird, die pulsierend mit einer Frequenz von  $5\text{ s}^{-1}$  bis  $70\text{ s}^{-1}$ , vorzugsweise  $10\text{ s}^{-1}$  bis  $20\text{ s}^{-1}$  betrieben werden, wobei an jeder Zweistoffdüse (6) im Wechseltakt ein fächerförmiger Sprühteppich mit relativ groben Tropfen großer Reichweite und ein fächerförmiger Sprühteppich (7) mit relativ feinen Tropfen kleiner Reichweite erzeugt wird, sodaß der Rauchgasstrom (4) alternierend mit fein versprühten Tropfen kurzer Reichweite und groben, das Rauchgas mit relativ großer Wurfweite durchdringenden Tropfen beaufschlagt wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der flüssige Abfallstoff in einen Rauchgasstrom (4) eingedüst wird, dessen Temperatur mindestens  $800\text{ °C}$  beträgt und dessen Sauerstoffgehalt mindestens so hoch ist, daß eine vollständige Oxidation der brennbaren Stoffe gewährleistet ist.
- Verfahren nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Öffnungswinkel des fächerförmigen Sprühteppichs (7)  $60^\circ$  bis  $160^\circ$  beträgt.
- Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Zerstäubungsgas- und Flüssigkeitsdurchsatz so eingestellt werden, daß das zeitlich gemittelte Mengenstromverhältnis der Luft und Flüssigkeitsströme an jeder Zweistoffdüse (6) im Bereich von 0,01 - 0,2 liegt, während der Momentanwert des Mengenstrom-verhältnisses entsprechend der Pulsationsfrequenz schwankt.
- Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der pulsierende Betrieb durch eine periodische Beaufschlagung der Zweistoffdüse (6) mit Druckgas oder Flüssigkeit erfolgt.
- Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der pulsierende Betrieb bei zeitlich konstanter Beaufschlagung mit Druckgas und Flüssigkeit in der Zweistoffdüse (6) strömungstechnisch selbst erzeugt wird.

**Fig. 1**



**Fig. 2**

Schnitt A-B

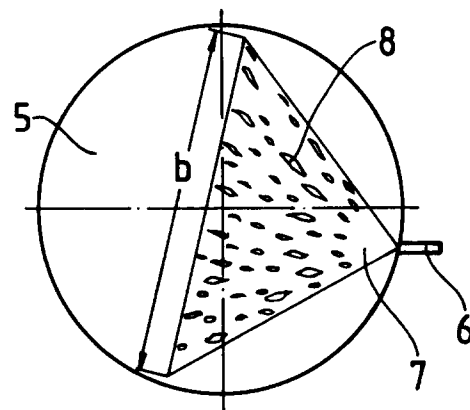


Fig. 3

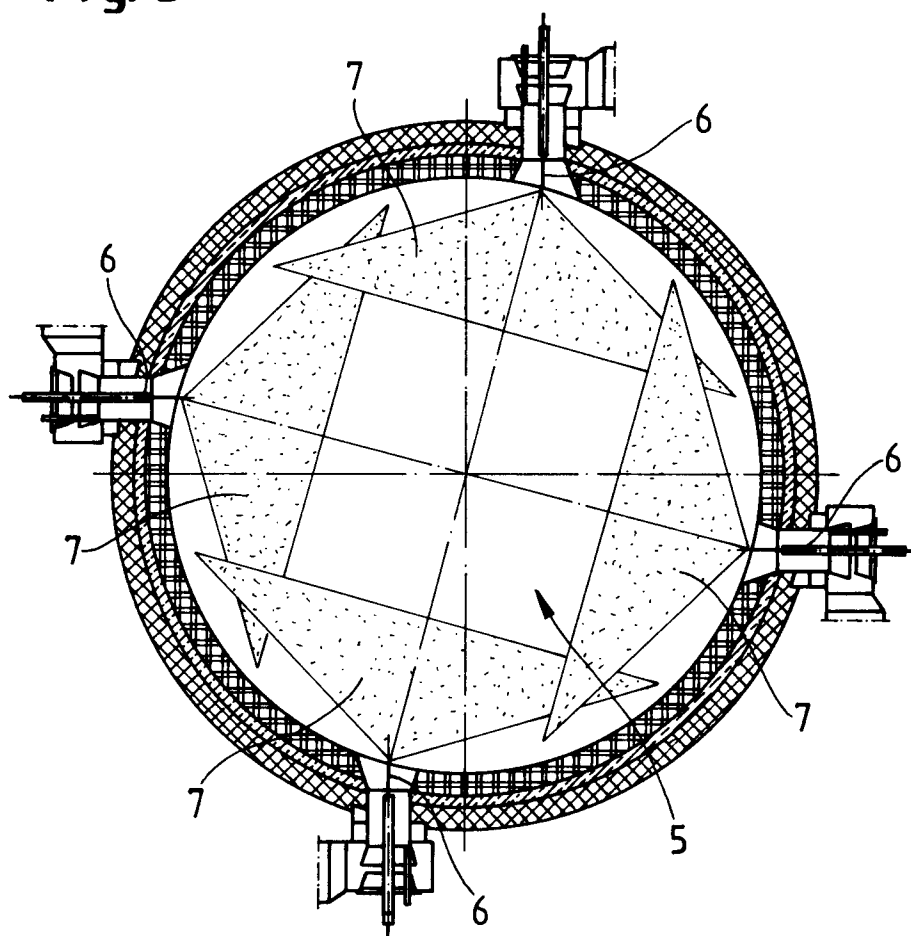


Fig. 4

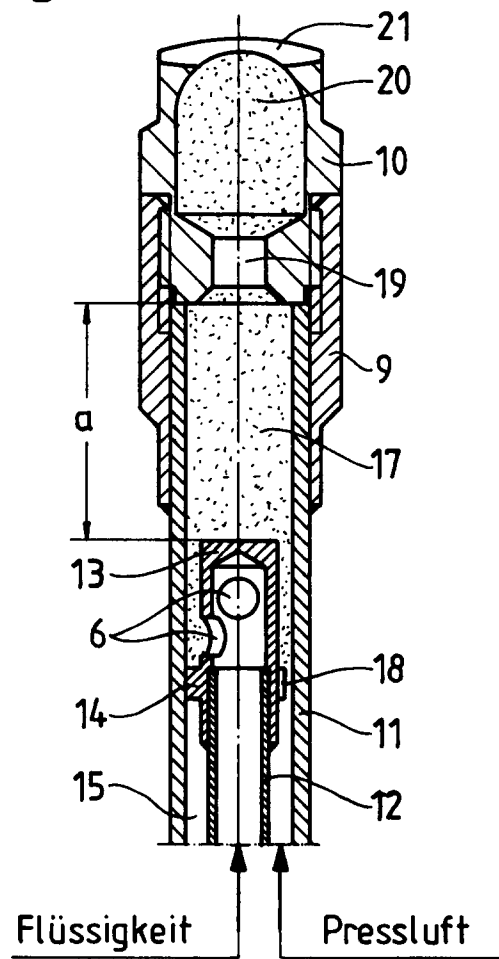
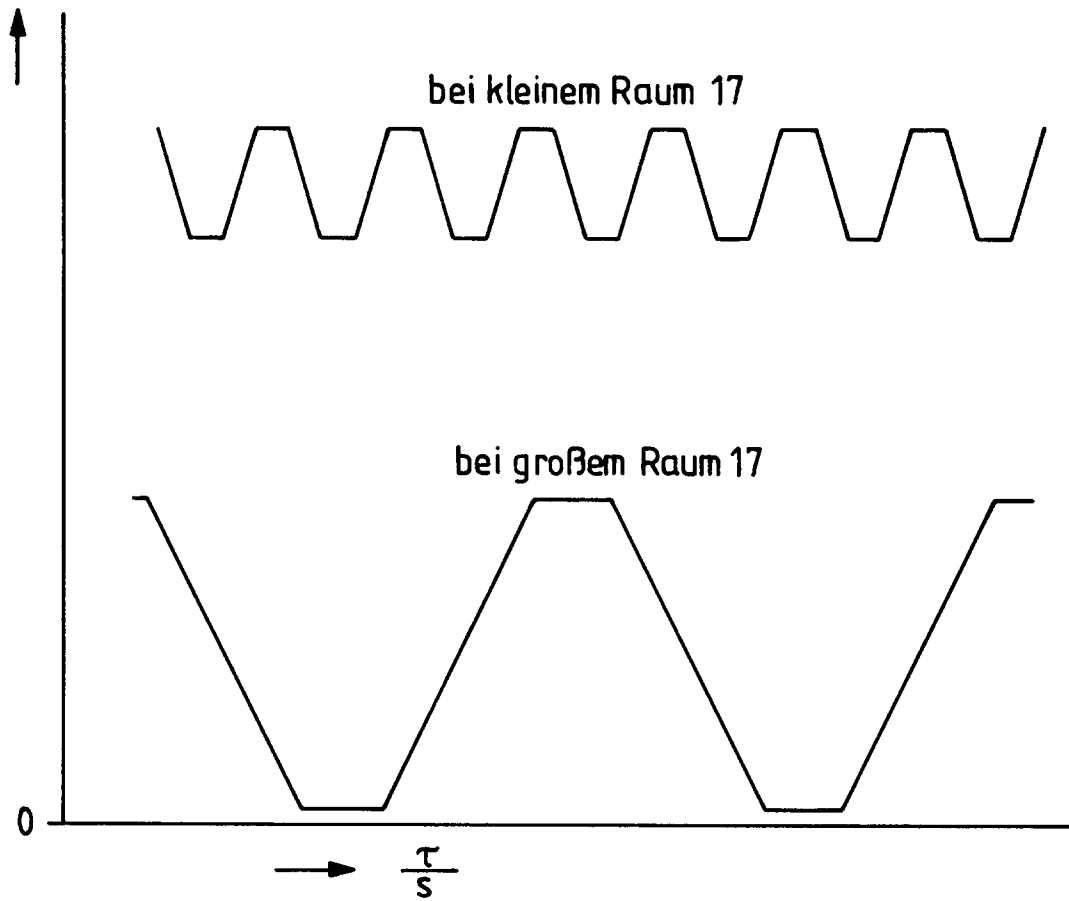


Fig. 5

$$\kappa = \frac{\dot{m}(\text{Gas})}{\dot{m}(\text{Flüssigkeit})}$$



**Fig. 6**