

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **80106544.2**

51 Int. Cl.³: **F 23 D 11/10, F 23 C 3/00,**
F 23 C 7/02, B 05 B 7/10

22 Anmeldetag: **24.10.80**

30 Priorität: **25.10.79 SE 7908864**
25.10.79 SE 7908863
25.10.79 SE 7908865

71 Anmelder: **Dala Invest AB, Wiklund Borlänge Kommun,**
S-78181 Borlänge (SE)

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: **06.05.81**
Patentblatt 81/18

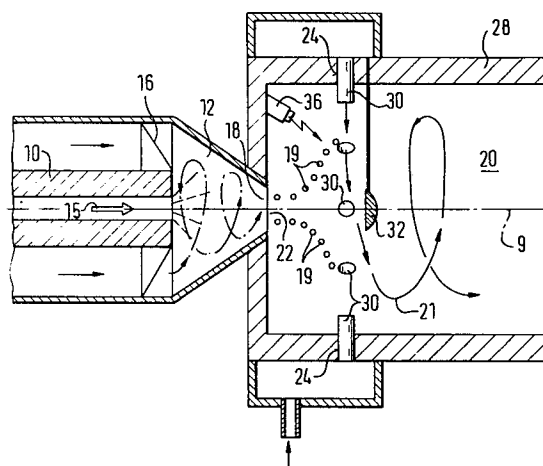
72 Erfinder: **Peterson, Karl Folke, Norrtäljevägen 29,**
18245 Enebyberg (SE)
 Erfinder: **Skoog, Kurt L., Borensvägen 1,**
12168 Johanneshov (SE)

84 Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH DE FR GB IT LI LU**
NL SE

74 Vertreter: **Popp, Eugen Dr., Patentanwälte Dipl.-Ing.**
Dipl.Wirt.-Ing. Dr. Eugen Popp & Dipl.-Phys. Wolf E.
Sajda Maria-Theresia Strasse 30,
D-8000 München 80 (DE)

54 **Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung von Mikroflüssigkeitströpfchen.**

57 Zur Erzeugung von Mikroflüssigkeitströpfchen wird ein Flüssigkeitsstrahl zentral in einen Zerstäuberraum (12) unter Bildung eines Sprühkegels (17) eingespritzt und dort von einer äusseren schraubenförmigen Gasströmung (13) beaufschlagt. Zur weiteren Reduzierung der Tröpfchengrösse werden die Tröpfchen (19) in einen Transport- bzw. Reaktionsraum (20) kleiner Baulänge eingeleitet und durch diesen von einer ebenfalls schraubenförmigen Gasströmung (21) getragen. Vorzugsweise wird der Transport- bzw. Reaktionsraum (20) durch einen topfförmigen Behälter begrenzt, wobei die Flüssigkeitströpfchen (19) an der dem offenen Ende gegenüberliegenden Stirnseite in den Transport- bzw. Reaktionsraum (20) eintreten. Das Verfahren bzw. die Anordnung zur Durchführung des Verfahrens eignet sich insbesondere zur praktisch russfreien Verbrennung von brennbaren Flüssigkeiten, insbesondere Öl.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Erzeugung von Mikroflüssigkeitströpfchen.

Bei einer Vielzahl von chemischen oder physikalischen Prozessen, insbesondere bei Trocknungs- und Verbrennungsprozessen, ist es von grosser Wichtigkeit, reaktive Mikroflüssigkeitströpfchen zu erhalten. Normalerweise wird hierzu eine Flüssigkeit durch eine speziell gestaltete Zerstäuberdüse gepresst, die ein Auseinanderspritzen bzw. eine Zerstäubung der Flüssigkeit bewirkt. Die Zerstäubung kann auch mit Hilfe von Dampf oder Pressluft erfolgen, wobei diese Verfahren bei kleineren Flüssigkeitsströmen nicht angewendet werden.

Es ist auch allgemein bekannt, den Austritt eines Flüssigkeitsstrahles aus einer Düse durch eine den austretenden Strahl konzentrisch umgebende Gasströmung zu verbessern bzw. zu beschleunigen. Die Gasströmung soll jedoch keine Zerstäubung der aus der Düse austretenden Flüssigkeit bewirken, sondern eher im Gegenteil den Flüssigkeitsstrahl zusammenhalten. Es ist schliesslich auch bekannt, dem dünnen, den Flüssigkeitsstrahl oder auch einen Tröpfchenschwamm zusammenhaltenden Gasmantel eine Rotationsbewegung aufzuprägen, um dadurch eine Rotation des Flüssigkeitsstrahles selbst zu erhalten. Es soll jedoch auch bei dieser bekannten Lösung eine Zerstäubung des Flüssigkeitsstrahls oder weitere Feinzerstäubung vermieden werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erzeugung von Mikroflüssigkeitströpfchen zu schaffen, das bzw. die eine äusserst feine Zerstäubung der Flüssigkeit auch bei sehr geringem Flüssigkeitsdruck erlaubt.

Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens erfindungs-

gemäss dadurch gelöst, dass

- aus einer Öffnung in einen Zerstäuberraum eine Flüssigkeit eingespritzt wird, derart, dass ein im wesentlichen hohler Sprühkegel entsteht, und dass
- 5 - dieser Sprühkegel von einer äusseren Gasströmung beaufschlagt wird, deren Strömungsbahn etwa konzentrisch und schraubenförmig zur gedachten Achse des Sprühkegels verläuft, so dass der Sprühkegel durch die Gasströmung aufgebrochen wird.

- 10 Es wird also erfindungsgemäss bewusst und kontrolliert ein heftiges Aufeinanderprallen der Flüssigkeit und der Gasströmung herbeigeführt. Dadurch ist es möglich, dass auch eine feine Zerstäubung bei sehr geringem Druck der aus der Öffnung austretenden Flüssigkeit erzielt wird. Man erhält
- 15 hält durch das erfindungsgemässe Verfahren eine maximale Feinzerstäubung auch bei sehr kleinen Flüssigkeitsströmen.

- Vorzugsweise wird der Radius der schraubenförmigen Strömungsbahn der Gasströmung in Richtung weg von der Öffnung, durch die die Flüssigkeit in den Zerstäuberraum eingespritzt wird, zunehmend, vorzugsweise stetig, verringert.
- 20 Dadurch erfährt die Gasströmung eine zusätzliche Beschleunigung, mit der Folge, dass die mitgeführten Flüssigkeitströpfchen in erhöhtem Masse aufgebrochen werden. Man erhält äusserst feine Flüssigkeitströpfchen bzw. Mikroflüssigkeitströpfchen in einer Grössenordnung von etwa $20\text{ }\mu\text{m}$.
- 25 Eine derartig geringe/^{mittlere} Tröpfchengrösse lässt sich mit den bekannten Zerstäuberdüsen bzw. Verfahren nicht erzielen. Eine Reduzierung der/^{mittleren} Tröpfchengrösse unter $50\text{ }\mu\text{m}$ scheiterte meist an den herstellungstechnischen Möglichkeiten. Es
- 30 gibt Sprühdüsen/^{für eine derart grobe Zerstäubung} mit gleichmässig über den Umfang verteilten Sprühschlitzen mit jeweils einer Breite von etwa $100\text{ }\mu\text{m}$. Da sich Herstellungstoleranzen zwischen $98\text{ }\mu\text{m}$ und $102\text{ }\mu\text{m}$ nicht vermeiden lassen, führen derartige Sprühdüsen zu einer Ungleichverteilung der Zerstäubung bzw. zu einer

ungleichförmigen Tröpfchenverteilung. Ferner hat sich gezeigt, dass etwa 100 μ m breite Sprühschlitze bei Verwendung von Flüssigkeit mit festen Bestandteilen (Verunreinigungen), wie z.B. Öl, als zu zerstäubende Flüssigkeit nach
5 kurzer Zeit leicht verstopfen können. Danach kommt es nach längerer Gebrauchsdauer zu einer ungleichförmigen Tröpfchenverteilung. Die Verunreinigungen können zu Verschleiß führen, der ebenfalls zu einer Ungleichverteilung führt.

10 Zur weiteren Reduzierung der Tröpfchengrösse hat sich gezeigt, dass es vorteilhaft ist, die Flüssigkeitströpfchen durch eine Öffnung in einen vorzugsweise zylindrischen Transportraum einzuleiten und durch diesen durch eine schraubenförmige Gasströmung zu dem der Einlassöffnung entgegengesetzten Ende zu tragen, das vorzugsweise offen
15 ist.

Es ist bekannt, mit Hilfe einer Gasströmung Fluidtröpfchen von einem Punkt zu einem anderen Punkt längs einer
geradlinigen Bahn zu transportieren, wobei die Transportstrecke so bemessen ist, dass die Tröpfchen bei ihrer
20 Bewegung längs dieser Strecke chemisch reagieren oder eine physikalische Veränderung erfahren, z. B. Verdampfen. Die erfindungsgemässe Lösung hat nun den Vorteil, dass die erwähnten Reaktionen auf einer relativ kurzen Baulänge des Transportraumes stattfinden können. Dies ist gerade bei
25 Verbrennungseinrichtungen von besonderer Bedeutung, um eine insgesamt kompakte Anlage zu erhalten.

Durch die letztgenannte Lösung wird also eine extrem lange Transportstrecke für die von der Gasströmung mitgenommenen Flüssigkeitströpfchen durch einen relativ kurz gebauten
30 Raum erhalten. Damit ist es z. B. auch möglich, Flüssigkeitströpfchen innerhalb eines sehr kleinen "Reaktionsraumes" bzw. Transportraumes z. B. zur vollständigen Verdampfung zu bringen. Das erfindungsgemässe Verfahren eig-



net sich besonders für die Trocknung sowie Verbrennung einer Flüssigkeit, denn es ist allgemein bekannt, dass eine Trocknung oder Verbrennung desto schneller und vollständiger erfolgen, je kleiner die Tröpfchen sind.

- 5 Die Abhängigkeit zwischen der Prozesszeit t (= Trocknungs- oder Verbrennungszeit) und dem Tröpfchendurchmesser d ist wie folgt:

$$t = c \cdot d^{1,8} ,$$

- 10 wobei c eine Konstante ist. Die Prozesszeit t ist die notwendige Aufenthaltsdauer im Transport- bzw. Reaktionsraum, wobei durch die erfindungsgemässe Bewegungsbahn der Tröpfchen im Transportraum diese Zeit auch bei einem sehr kleinen Transportraum eingehalten werden kann.

- 15 In den meisten Fällen muss vermieden werden, dass die Flüssigkeitströpfchen im Zerstäuberraum und/oder Transportraum bzw. Reaktionsraum mit der Innenfläche der Raumwandung in Kontakt kommen. Es sollen entsprechende Ablagerungen an der Innenfläche der Raumwandungen vermieden werden. Um dies zu erreichen, erfolgt die Gaseinleitung in den
20 Zerstäuberraum und/oder Transportraum vorteilhafterweise im Abstand von der Innenfläche der Raumwandung.

- Um eine noch stärkere Verfeinerung der Flüssigkeitströpfchen zu erhalten, kann dem Gas längs der Strömungsbahn eine Eigendrall- bzw. Rotationsbewegung aufgeprägt werden.
25 Die Gasströmung ist dann durch zwei überlagerte Rotationsbewegungen gekennzeichnet.

- Vorrichtungsmässig wird die gestellte Aufgabe durch die Massnahmen gemäss den Ansprüchen 10 bis 23 gelöst, wobei auf die technischen Vorteile der beanspruchten Merkmale
30 im einzelnen weiter unten näher eingegangen wird.

Nachstehend wird das erfindungsgemässe Verfahren anhand der in den anliegenden Zeichnungen schematisch dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiele der erfindungsgemässen Vorrichtung näher erläutert.

5 Es zeigen:

- Fig. 1a - 1d verschiedene Ausführungsformen von Flüssigkeits-Zerstäuberräumen im Schnitt,
Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Bewegung eines Flüssigkeitstropfens längs
10 einer geraden Strecke innerhalb eines Transport- bzw. Reaktionszylinders,
Fig. 3 die Bewegung eines Flüssigkeitströpfchens längs einer Bogenlinie,
Fig. 4 - 6 drei verschiedene Ausführungsformen von Transport- bzw. Reaktionsräumen,
15 Fig. 7 eine Kombination der Zerstäubereinheit gemäss Fig. 1a und Reaktionseinheit gemäss Fig. 6 zur Erzeugung feinsten Flüssigkeitströpfchen,
20 Fig. 8 eine Anordnung der Einheit gemäss Fig. 7 in einem Wärmetauscher, und
Fig. 9 u. 10 graphische Darstellungen zur Demonstration der vorteilhaften Wirkung der Einheit gemäss Fig. 7.

- 25 Eine gute Zerstäubung einer Flüssigkeit lässt sich durch die in den Fig. 1a bis 1d dargestellten Zerstäubereinheiten erzielen, die jeweils aus einem zentral angeordneten Flüssigkeitsröhrchen 10, einem dieses konzentrisch umgebenden zylindrischen Mantel 11 mit einem sich ko-
30 nisch verjüngenden Zerstäuberraum 12 und am äusseren Umfang des Flüssigkeitsröhrchens 10 schräg zur Rohrlängsachse angeordnete Gasführungsmittel bzw. Gaseintrittsöffnungen 16 bestehen, die den das Flüssigkeitsröhrchen 10 in Längsrichtung umströmenden Druck- bzw.

Zerstäubergas eine Drallbewegung 13 aufprägen.

Die Röhrchenöffnung bzw. Flüssigkeitseintrittsöffnung 14 ist so ausgebildet, daß der Flüssigkeitsstrahl 15 sich beim Austritt aus der Öffnung 14 kegelförmig
5 (hohler Sprühkegel 17) auffächert.

Dadurch wird ein heftiges Aufeinanderprallen der Flüssigkeit mit der Gasströmung 13 herbeigeführt, wobei die Gasströmung 13 in Richtung zur Zerstäuberraum-Austritts-
10 Öffnung 18 aufgrund der stetigen Verringerung des Durchmessers der schraubenförmigen Gasströmung beschleunigt wird. Die Gasströmung bricht also den Sprühkegel 17 in einzelne Flüssigkeitströpfchen auf.

In Fig. 1c sind in den Gaseintrittsöffnungen Leitbleche 47 zur Umlenkung der Gasströmung angeordnet.

15 In Fig. 1b sind statt der Leitbleche 47 in Fig. 1c am äußeren Umfang des Flüssigkeitsröhrchens Drallnuten 48 vorgesehen, die dem Zerstäubergas ebenfalls eine Drallbewegung aufprägen. Das in den Zerstäuberraum 12 hineinragende Ende 49 des Flüssigkeitsröhrchens 10 erstreckt
20 sich bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1b bis nahe zur Austrittsöffnung 18 hin, so daß unmittelbar vor dieser Öffnung ein äußerst heftiges Aufeinanderprallen von Zerstäubergas und austretender Flüssigkeit stattfindet. Die Flüssigkeit wird unmittelbar vor ihrem Austritt aus
25 dem Zerstäuberraum 12 geradezu "gesprengt". Dabei ist bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1b die Außenfläche des in den Zerstäuberraum 12 ragenden Teils des Röhrchens 10 entsprechend dem Zerstäuberraum konisch ausgebildet.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1d erfolgt die Ver-
30 längerung des Flüssigkeitsröhrchens 10 durch ein in die Öffnung 14 desselben eingesetztes Röhrchen 50, das vorzugsweise in dieser längsverschiebbar angeordnet sein kann.

- Im konischen, den Zerstäuberraum seitlich begrenzenden Mantelteil können noch Gaseintrittsöffnungen für den Eintritt von Sekundärgas vorgesehen sein, um einen Kontakt zwischen den Flüssigkeitströpfchen und der
- 5 Innenfläche der Zerstäuberraumwand und damit Ablagerungen an dieser sicher zu vermeiden. Das Sekundärgas kann ebenfalls Druckgas sein und wird vorzugsweise so eingeleitet, dass die Drallbewegung 13 des Zerstäubergases zusätzlich unterstützt wird.
- 10
- Um chemische oder physikalische Reaktionen mit den z. B. im Zerstäuberraum 12 der in den Fig. 1a bis 1d dargestellten Zerstäubereinheiten erhaltenen Flüssigkeitströpfchen zu fördern, werden diese
- 15 durch einen Transportraum bzw. Reaktionsraum längs einer vorbestimmten Bahn bewegt. In den Fig. 2 und 3 sind jeweils zylindrische Transporträume 20 dargestellt, die an dem rechten Ende jeweils offen sind. Ein Tröpfchen 19 wird von einem Punkt A zu einem Punkt B bewegt. Auf
- 20 dieser Strecke soll das Tröpfchen z. B. verdampfen. Fig. 3 zeigt, dass bei einer Bewegung des Tröpfchens längs einer Bogenlinie der Abstand zwischen den Punkten A und B geringer ist als bei einer Bewegung längs einer geradlinigen Bahn (gemäss Fig. 2). Die effektive Bewegungsstrecke ist natürlich dieselbe. Bei einer Bewegung längs einer Bogenlinie entsprechend Fig. 3 wird
- 25 jedoch die Bewegung in der zweiten Dimension ausgenutzt, was zur Verkürzung des Abstandes zwischen den beiden Endpunkten der Bewegungsbahn führt.
- 30 Dieser Erkenntnis folgend werden bei der erfindungsgemässen Lösung die Tröpfchen längs einer dreidimensionalen Bahn durch den Transport- bzw. Reaktionsraum 20 geführt bzw. getragen.

Bei der Ausführungsform gemäss Fig. 4 treten die Tröpfchen 19 in den Transportraum 20, der durch einen topfförmigen Behälter mit einer Seitenwandung 28 begrenzt ist, durch eine Tröpfchen-Einlassöffnung 22 ein, die
5 sich im Zentrum der Stirnseite des topfförmigen Behälters befindet. Im radialen Abstand von der Öffnung 22 befinden sich mehrere gleichmässig über den Umfang verteilte Öffnungen 24 für den Gaseintritt in den Transportraum 20, wobei in den Öffnungen 24 jeweils schräg-
10 gestellte Leitbleche bzw. -schaufeln 26 angeordnet sind, die eine schraubenförmige Gasströmung um die Längsachse⁹ des Transport- bzw. Reaktionsraumes 20 bewirken.

Das Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 5 ist sehr ähnlich wie das Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 4 aufgebaut,
15 nur mit dem Unterschied, dass die Gaseintrittsöffnungen 24 sich in der Seitenwandung 28 des topfförmigen Behälters befinden. Dabei können mehr als eine Gaseintrittsöffnung 24 vorgesehen sein. Die Gaseintrittsöffnungen 24 sind zur Radialen schräggestellt (wie der
20 Schnitt A-A deutlich zeigt), um der Gasströmung (siehe Pfeile) eine vorbestimmte Schraubenbewegung durch den Transportraum 20 aufzuprägen. Der Innendurchmesser des topfförmigen Gehäuses kann so bemessen sein, dass die Gasströmung auf die Innenfläche der Seitenwandung
25 28 praktisch nicht mehr einwirkt. Damit ist die Gefahr einer Ablagerung von Flüssigkeitströpfchen ^{oder deren Reaktionsprodukte} /an der Innenfläche der Seitenwandung 28 gebannt. Derartige Ablagerungen würden zu einer Veränderung der Strömungsverhältnisse führen und nach gewisser Betriebsdauer eine
30 Reinigung des Transport- bzw. Reaktionsraumes 20 erforderlich machen.

Um ganz sicher zu gehen, dass die Tröpfchen sich nicht an die Innenfläche der Seitenwandung 28 ablagern, können in die Öffnungen 24 die Innenfläche der Seitenwandung

28 überragende Röhrchen 30 eingesetzt werden (vgl. Fig. 6 mit entsprechendem Schnitt B-B).

5 Zur Anpassung an verschiedene Tröpfchengrößen, Reaktionszeiten des Tröpfchenmaterials, etc. kann es vorteilhaft sein, wenn die Röhrchen 30 innerhalb der Öffnungen 24 verschiebbar eingesetzt sind, so dass die Länge des die Innenfläche der Seitenwandung 28 überragenden Teiles veränderbar ist. Am einfachsten lässt sich dieses Problem dadurch lösen, dass die Röhrchen 30
10 in die Öffnungen 24 eingeschraubt sind.

Wie bereits weiter oben dargelegt, ist vorzugsweise auch die Strahlrichtung der Öffnungen 24 bzw. der Röhrchen 30 zu Zwecken der Anpassung an verschiedene Tröpfchengrößen, etc., veränderbar.

15 In Fig. 7 ist eine Kombination der in Fig. 1 schematisch dargestellten Zerstäubereinheit und der in Fig. 6 schematisch dargestellten Transport- bzw. Reaktionseinheit dargestellt. Die im Zerstäuberraum 12 erzeugten Flüssigkeitströpfchen gelangen durch die Zerstäuberraum-Austrittsöffnungen 18 bzw. Tröpfchen-Einlassöffnung 22 in den Transportraum 20, wobei sie dort eine etwa kegelförmige Auffächerung erfahren, die überraschenderweise durch das durch die Röhrchen 30 eingeleitete Gas gefördert wird. Es entsteht offenbar in
25 dem Ringraum zwischen der geschlossenen Stirnseite des Transportraumes 20 und den Gasröhrchen 30 ein Unterdruck, der die aus der Öffnung 22 austretenden Flüssigkeitströpfchen radial nach aussen zieht. Dadurch gelangen die Flüssigkeitströpfchen 19 auf kürzestem Wege
30 in den Bereich der Gasströmung, die in Fig. 7 mit der Bezugsziffer 21 gekennzeichnet ist.

Um die Auffächerung der in den Transportraum eingeleiteten Flüssigkeitströpfchen zusätzlich zu erhöhen, ist

im Abstand vor der Flüssigkeitströpfchen-Einlassöffnung 22 ein Verteilerkörper 32 angeordnet, dessen der Öffnung 22 zugekehrte Seite eben ausgebildet ist. In Abhängigkeit von den äusseren Parametern, wie Gaseintrittsgeschwindigkeit, Tröpfchengrösse etc. kann die
5 der Öffnung 22 zugekehrte Ebene des Verteilerkörpers 32 auch konvex oder kegelförmig ausgebildet sein.

Der Verteilerkörper 32 begünstigt also eine rasche Vermischung der Tröpfchen mit der Gasströmung 21, wobei der Grad der Vermischung durch die Form des Verteilerkörpers 32 eingestellt werden kann. Auch hat der Abstand der Verteilerkörpers 32 von der Öffnung 22 einen Einfluss auf den Grad der Vermischung bzw. der Auffächerung der in den Transportraum eingeleiteten
15 Flüssigkeitströpfchen. Zur Variierung des Vermischungsgrades bzw. der Auffächerung ist daher der Verteilerkörper 32 in Richtung der Längsachse⁹ des Transport- bzw. Reaktionsraumes 20 vorzugsweise hin- und herbewegbar gelagert. Gute Ergebnisse lassen sich erzielen, wenn der Verteilerkörper 32 in einer Ebene zwischen der
20 Tröpfchen-Einlassöffnung 22 und der durch die Gasröhrchen 30 definierten Ebene nahe derselben liegt. Der Verteilerkörper 32 fördert insbesondere die gleichförmige Verteilung der eingeleiteten Tröpfchen 19 über den Querschnitt des Transport- bzw. Reaktionsraumes 20. Der
25 Verteilerkörper 32 verhindert also lokale Tröpfchen-Ansammlungen, wodurch eben eine gleichförmige Einmischung in den Gasstrom 21 erzielt wird. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 7 ist der Verteilerkörper 32 an einem/^{steifen} Draht befestigt. Es sind jedoch auch andere Befestigungsmöglichkeiten denkbar, wobei jedoch darauf geachtet werden muss, dass die Befestigungsmittel die Strömung, insbesondere die Drallbewegung der Gas-
30 Tröpfchen-Strömung im Transportraum 20 nicht ungünstig beeinflussen.

Falls der Transportraum bzw. Reaktionsraum 20 als Verbrennungsraum dienen soll, ist in diesem vorzugsweise noch eine Zündeinrichtung³⁶ im Bereich der Tröpfchen-Einlassöffnung 22 vorgesehen, um die Verbrennung der Flüssigkeitströpfchen, z. B. Öltröpfchen, zu starten.

In Fig. 8 ist die Einheit gemäss Fig. 7 als Ölbrenner eingesetzt und mit der Bezugsziffer 41 gekennzeichnet. Der Brenner 41 ist am oberen Ende eines aufrechten Wärmetauschers 42 angebracht, wobei der Transport- bzw. Reaktionsraum 20 geringfügig in einen Abgasraum 43 hineinragt. Der Reaktionsraum 20 dient bei dem in Fig. 8 schematisch dargestellten Anwendungsbeispiel als Brennraum, wobei die Flamme 44 etwas aus dem Brennraum 20 herausschlägt. Durch den Abgasraum 43 werden die heissen Verbrennungsgase entsprechend den Pfeilen hindurchgeleitet, wobei am brenner-abseitigen Ende des Abgasraumes 43 im Innern desselben konzentrisch ein rohrförmiger Strahlungskörper 34 angeordnet ist. Der Aussendurchmesser des rohrförmigen Strahlungskörpers 34 ist etwas geringer als der Innendurchmesser des Abgasraumes 43, der bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ebenfalls rohrförmig ausgebildet ist. Sowohl der Strahlungskörper 34 als auch die Wandung des Abgasraumes 43 sind vorzugsweise aus hitzebeständigem Metall (Stahl) hergestellt und weisen eine dunkle, vorzugsweise schwarze Färbung auf, so dass sie als ideale Strahlungskörper dienen. Der zusätzliche Strahlungskörper 34 sowie das den Abgasraum 43 begrenzende Abgasrohr fördern den Wärmeaustausch zwischen den heissen Verbrennungsgasen und der Umgebung, im vorliegenden Fall einem Wärmetauschermedium 38, das im Abstand vom Abgasrohr vorbeigeführt wird.

dem Abgasrohr sowie
Zwischen den heissen Verbrennungsgasen und/insbesondere dem schwarzen Strahlungskörper 34 erfolgt ein Wärmeaus-

tausch durch Konvektion. Die von dem Abgasrohr und/oder Strahlungskörper 34 aufgenommene Wärme wird durch Strahlung wieder an die Umgebung bzw. an das Wärmetauschermedium 38 abgegeben und durch dieses an einen
5 anderen Ort transportiert.

Zusätzlich zu dem rohrförmigen Strahlungskörper 34 oder stattdessen können auch ^{hinter} dem Ausgang des Abgasrohrs bzw. in den sich durch den Wärmetauscher 42 hindurcherstreckenden Gasführungskanälen 46 schwarze
10 Strahlungskörper angeordnet sein, die von den heissen Verbrennungsgasen "umspült" werden. Die Form der Strahlungskörper kann z. B. eiförmig sein. Es können jedoch auch wieder rohrförmige Strahlungskörper verwendet werden. Es muss natürlich darauf geachtet werden, dass
15 durch die Anordnung der Strahlungskörper in den Gasführungskanälen keine zu grossen Druckabfälle hervorgerufen werden.

Die schwarzen Strahlungskörper bestehen aus Metall, vorzugsweise aus hitzebeständigem, rostfreiem Stahl.
20 Sie können aber genau so gut aus Keramik oder Stein bestehen. Das Material hängt von dem die Strahlungskörper umströmenden Gas bzw. den im Reaktionsraum 20 stattfindenden chemischen und/oder physikalischen Reaktionen ab.

Bei einer Anordnung der Strahlungskörper relativ weit
25 von der Verbrennungsflamme entfernt wird die Flammentemperatur und damit die Verbrennung durch die Strahlungskörper nicht beeinflusst.

Bei einer Anordnung der Strahlungskörper in unmittelbarer Nähe der Flamme bzw. des Reaktionsortes wird durch
30 die Strahlungskörper, die ja Wärme nach aussen, d. h. an die Umgebung, abführen, ein Kühleffekt erzielt, der z. B. dazu führt, dass die Reaktionsgeschwindigkeit

herabgesetzt wird oder eine Reaktion überhaupt nicht stattfindet (z. B. Crackprozesse).

Bei manchen chemischen oder physikalischen Prozessen kann es auch erforderlich sein, zum Ablauf der Reaktionen von aussen Wärme zuzuführen. Dies wurde bisher gewöhnlich nur durch Erwärmung des Reaktionsraumes mittels einer Heizung oder dgl. bewerkstelligt. Es hat sich nun gezeigt, dass durch Einsatz der vorbeschriebenen Strahlungskörper im Reaktionsraum^{sich} die Wärmeübertragung von aussen in den Reaktionsraum erheblich intensivieren lässt. Die im Reaktionsraum angeordneten Strahlungskörper ermöglichen eine zusätzliche Wärmezufuhr mittels Wärmestrahlung.

Die Strahlungskörper eignen sich auch besonders zur gesteuerten Nachverbrennung von Abgasen in einem Abgaskanal. Zu diesem Zweck werden die Strahlungskörper im Abgaskanal in geeignetem Abstand von der Verbrennungsflamme angeordnet und von aussen durch Wärmestrahlung erhitzt. Die dann vom Strahlungskörper mittels Konvektion an die Abgase abgegebene Wärme bewirkt eine Nachzündung der Abgase, so dass eine vollständige Verbrennung vor dem Austritt der Abgase ins Freie erzielt wird.

Wie die obigen Ausführungen deutlich erkennen lassen, eignet sich die beschriebene Erfindung ganz besonders für einen Ölbrenner. Es wird daher im folgenden nochmals eingehend auf die Verhältnisse in einem Ölbrenner und die Vorteile eingegangen, die durch die erfindungsgemässe Lösung erzielt werden.

Es gibt viele Verfahren, um die Russbildung bei einem Ölbrenner herabzusetzen. Einige dieser Verfahren sind z. B. in einer Veröffentlichung von Peterson und Skoog "Stoftbildning vid oljeeldning", Stockholm, 1972,

näher beschrieben. Dabei beziehen sich die bekannten Verfahren vornehmlich auf den Einsatz von Schwerölen. Unter diesen bekannten Verfahren erwies sich der Einsatz einer Emulsion von Öl und Wasser als am geeignetsten.

- 5 Doch lässt sich bei diesem Verfahren die Entstehung von kleinen Russteilchen, die zu aggressiven SO_3 -Konzentrationen^{führen, nicht vermeiden,} wenn als Brennstoff Leichtöle verwendet werden. Die Entstehung dieser für die menschliche Lunge gefährlichen kleinen Russteilchen können durch Verbesserung der
- 10 Verbrennung reduziert werden. Die Verbrennungsintensität oder Massendurchflussrate, die pro Masseneinheit/Öl verbrannt wird, kann wie folgt definiert werden:

$$\dot{m} = \frac{3}{2d} (c_y - c_f) \cdot \rho B, \quad (1)$$

wobei

- 15 $\dot{m}$ = die Massendurchflussrate pro Masseneinheit eines Tröpfchens,
 d = der Tröpfchendurchmesser,
 c_y = die Konzentration des "Öldampfes" an der Tröpfchenoberfläche,
 20 c_f = die Dampfkonzentration in der Flamme,
 ρ = die Dichte des Öls bei Tropfentemperatur, und
 B = der Transferkoeffizient für den Dampf bedeuten.

- 25 Aus der obigen Gleichung (1) geht hervor, dass sich die Verbrennungsintensität erhöht bei:

- a) einer Reduzierung des Tröpfchendurchmessers,
 b) einer Zunahme des Wertes von c_y , der durch Erhöhung der Öltemperatur, z. B. durch Vorwärmung, erhöht werden kann, und
 30 c) einer Erhöhung des Wertes von B , der durch folgende Gleichung bestimmt wird:

$$B = \frac{D}{d} \cdot p_f / p_{\text{tot}} , \quad (2)$$

wobei

D = der Diffusionskoeffizient,

5 p_f = der Partialdruck entsprechend dem Wert von c_y , und

p_{tot} = der Gesamtdruck in der Brennzone
bedeuten.

Die Anwendung der Gleichung (2) ist begrenzt auf den Fall, in dem kein Einfluss einer Relativbewegung zwischen dem Tröpfchen und der Umgebung vorhanden ist.

Wie aus der Gleichung (2) ersichtlich ist, kann der Wert β - und folglich der Wert $\dot{m}$ - erhöht werden durch Erhöhung der Temperatur der Umgebung des Öltröpfchens, in der Regel der Luftatmosphäre, da der Wert von D temperaturabhängig und $dD/dT > 0$ ist. Die Tröpfchengrösse ist also von grosser Bedeutung, da kleinere Tröpfchen zu einem höheren Wert von B führen.

Zusammenfassend ergibt sich also, dass die Verbrennung verbessert werden kann durch

20 - kleine Öltröpfchen,
- höhere Temperaturen des die Tröpfchen umgebenden Mediums, meist Luft.

Die erste Bedingung wird in optimaler Weise durch eine Düse gemäss den Fig. 1a bis 1d erfüllt. Die zweite Bedingung kann sehr leicht dadurch erfüllt werden, dass in den Zerstäuberraum 12 und gegebenenfalls Reaktionsraum 20 jeweils vorgewärmte Luft eingeleitet wird.

30 Die dritte Bedingung kann ebenfalls sehr einfach

durch Vorwärmung des zu verbrennenden Öls erfüllt werden.

Wie oben bereits im Zusammenhang mit dem Reaktionsraum 20 ausführlich dargelegt worden ist, wird
5 durch die erfindungsgemässe Schraubenbewegung der Flüssigkeitströpfchen durch den Reaktionsraum hindurch eine für eine vollständige Verbrennung ausreichende Verweilzeit der Tröpfchen im Reaktionsraum 20 erzielt^(0,01s), obwohl der Reaktionsraum 20 sehr
10 kurz gebaut ist. Die kurze Bauweise des Reaktionsraumes 20 hat im übrigen den Vorteil, dass Wärmestrahlungsverluste im Bereich des Reaktionsraumes entsprechend gering sind.

Trotz der kurzen Bauweise des Reaktionsraumes 20
15 wird also bei der erfindungsgemässen Lösung eine vollständige Verbrennung in diesem Raum gewährleistet.

Versuche haben gezeigt, dass die Russbildung bei Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens bzw.
20 Einsatz der erfindungsgemässen Vorrichtung gemäss Fig.7 nahezu Null ist. Dabei hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn bei Hintereinanderanordnung von Zerstäuberraum und Transport- bzw. Reaktionsraum von dem zur Verfügung stehenden Druckgas
25 etwa 15 % in den Zerstäuberraum und 85 % in den Transportraum eingeleitet werden. Die Geschwindigkeit des in den Transportraum eingeleiteten Druckgases, z. B. Luft, beträgt vorzugsweise zwischen etwa 50 bis etwa 150 m/Sekunde. Diese Werte haben sich als besonders
30 vorteilhaft herausgestellt, insbesondere werden Luftüberschüsse vermieden, die zu unerwünschter SO_3 -Bildung führen. Eine geringe SO_3 -Bildung hat auch eine Abnahme der Russbildung zur Folge, wie bereits

durch Gaydon et al in der Veröffentlichung "Proc. of Royal Society", London, 1947, nachgewiesen worden ist.

Im folgenden sollen noch einige Worte über die
5 Entstehung von Stickoxiden erwähnt werden. Stick-
oxide (NO_x) sind insbesondere für Tiere/und Menschen sehr ge-
fährlich. Aus diesem Grunde wird in vielen Ländern
durch Gesetze verlangt, dass die Stickoxid-Konzen-
tration in Abgasen einen bestimmten Wert nicht über-
10 steigen darf. In Deutschland darf die Stickoxid-
Konzentration bei Ölbrennern (mit Schweröl betrie-
ben) 500 ppm im Abgas nicht übersteigen.

Die Bildung von Stickoxiden ist eine Folge von
- dem Anteil von Stickstoffatomen in den Öl bilden-
15 den Substanzen. Etwa 50 % der Stickoxide, die bei
der Verbrennung entstehen, stammen unmittelbar von
den Öl bildenden Komponenten,
- der Bildung von Stickoxiden bei der Verbrennung.

Bei letzterer entstehen NO sowie NO_2 . Die Entstehung
20 von NO wurde intensiv untersucht. Dabei wurden folgen-
de Ergebnisse gewonnen:
- eine Erhöhung der Flammentemperatur vermindert die
Entstehung von NO ,
- geringer Luftüberschuss fördert die Bildung von NO ,
25 - die Bildung von NO ist sehr stark abhängig von der
Zeit, die für die Bildung zur Verfügung steht. Es
wird in diesem Zusammenhang auf die Fig. 9 hinge-
wiesen, in der die Entstehung von NO in Abhängig-
keit von der Verweilzeit der Verbrennungsgase im
30 Brennraum graphisch dargestellt ist. Aus Fig. 9
geht auch hervor, dass die Entstehung von NO von
der Brennlufttemperatur abhängt.

Bei Verwendung der Einheit gemäss Fig. 7 als Ölbrenner erhält man auf Grund der kleinen Bauweise (extrem kurzer Reaktionsraum 20) eine entsprechend geringe Verweilzeit der Verbrennungsgase. Ferner wird die Brenn-
5 zeit selbst auf Grund der extrem kleinen Flüssigkeits- bzw. Öltröpfchen auf ein Minimum reduziert. Die Verweilzeit der Tröpfchen und Abgase in der Einheit gemäss Fig. 7 beträgt etwa 0,07 Sekunden. Gemäss Fig. 9 bilden sich daher bei Verwendung der Einheit gemäss
10 Fig. 7 als Ölbrenner etwa 20 ppm NO. Dabei spielt es bei dieser kurzen Verweilzeit auch kaum eine Rolle, wenn die Verbrennungsluft vorgewärmt wird. Wie oben dargelegt worden ist, wird durch Vorwärmung der Verbrennungsluft die Verbrennung selbst bzw. die Verbren-
15 nungsintensität verbessert.

In Fig. 10 sind die NO_x -Werte eines erfindungsgemäss ausgebildeten Ölbrenners im Vergleich zu herkömmlichen Ölbrennern nochmals schematisch dargestellt, und zwar in Abhängigkeit von der Öl-Durchflussrate (l/h) und
20 dem Sauerstoffanteil bei der Verbrennung.

Der Einsatz der Vorrichtung gemäss Fig. 7 mit Zerstäubereinheit und Reaktionseinheit als Ölbrenner führt also zu einer optimalen, russfreien Verbrennung bei extrem niedrigem Luftüberschuß mit einem Wirkungsgrad
25 von mindestens 92 %.

Sämtliche in den Unterlagen offenbarten Merkmale werden als erfindungswesentlich beansprucht, soweit sie nicht einzeln oder in Kombination durch den Stand der Technik
30 vorweggenommen sind.

Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung von
Mikroflüssigkeitströpfchen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Mikroflüssigkeitströpfchen, dadurch gekennzeichnet, dass
 - aus einer Öffnung in einen Zerstäuberraum eine Flüssigkeit eingespritzt wird, derart, dass ein im wesentlichen hohler Sprühkegel entsteht, und dass
 - dieser Sprühkegel von einer äusseren Gasströmung beaufschlagt wird, deren Strömungsbahn etwa konzentrisch und schraubenförmig zur gedachten Achse des Sprühkegels verläuft, so dass der Sprühkegel durch die Gasströmung aufgebrochen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Radius der schraubenförmigen Strömungsbahn der Gasströmung in Richtung weg von der Öffnung,

durch die die Flüssigkeit in den Zerstäuberraum eingespritzt wird, zunehmend, vorzugsweise stetig, verringert wird.

- 5 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Zerstäubergas unter Druck in den Zerstäuberraum eingeleitet wird.
- 10 4. Verfahren zur Erzeugung von Mikroflüssigkeitströpfchen, dadurch gekennzeichnet, dass
 - nach einer Zerstäubung der Flüssigkeit in Tröpfchen, insbesondere gemäss dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, diese durch eine Öffnung in einen vorzugsweise zylindrischen Transportraum eingeleitet und
 - 15 - durch diesen von einer schraubenförmigen Gasströmung zu dem der Einlassöffnung entgegengesetzten Ende getragen werden.
- 20 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Tröpfchen im Bereich der gedachten Achse der schraubenförmigen Gasströmung in den Transportraum eintreten.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Gas-Strömungsrichtung im Transportraum gleich der im vorgeschalteten Zerstäuberraum gewählt wird.
- 25 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Gas-Strömungsrichtung im Transportraum entgegengesetzt der im vorgeschalteten Zerstäuberraum gewählt wird.
- 30 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaseinleitung in den Zerstäuberraum und/oder Transportraum im Abstand von der Innen-

fläche der Raumwandung erfolgt, derart, dass ein Kontakt der Flüssigkeitströpfchen mit der Innenfläche der Raumwandungen vermieden wird.

- 5 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas längs seiner Strömungsbahn eine Eigendrall- bzw. -rotationsbewegung ausführt.
10. Vorrichtung zur Erzeugung von Mikroflüssigkeitströpfchen, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
10 g e k e n n z e i c h n e t durch
- ein Flüssigkeitsröhrchen (10), das etwa zentral in einen Zerstäuberraum (12) mündet, und
- durch im radialen Abstand von der Röhrchenöffnung (14) angeordnete Gaseintrittsöffnungen (16), die so ausgebildet sind, dass sie dem in den Zerstäuberraum (12) eingeblasenen Gas eine schraubenförmige Bewegung durch diesen aufprägen.
- 15 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt des Zerstäuberraums (12) in Strömungsrichtung vorzugsweise stetig bis zur Austrittsöffnung (18) abnimmt.
- 20 12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Flüssigkeitsröhrchen (10) bis kurz vor die Austrittsöffnung (18) des Zerstäuberraums (12) verlängert ist.
- 25 13. Vorrichtung zur Erzeugung von Mikroflüssigkeitströpfchen, gekennzeichnet durch
- einen einem Zerstäuberraum, vorzugsweise gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12, folgenden, vorzugsweise zylindrischen Flüssigkeitströpfchen-Transportraum (20),
30 an dessen einem Ende eine Tröpfcheneinlassöffnung (22)

vorgesehen ist und dessen gegenüberliegendes Ende vorzugsweise offen ist, und durch

- im radialen Abstand von der Tröpfchen-Einlassöffnung (22) angeordnete Gaseintrittsöffnungen (24), die so ausgebildet sind, dass sie dem in den Transportraum (20) eingeleiteten Gas eine schraubenförmige Bewegung durch diesen aufprägen.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Öffnung (24) für den Gaseintritt an der dem offenen Ende gegenüberliegenden Stirnseite des Transportraumes (20) vorgesehen ist, und dass in der Öffnung Leitbleche (26) oder dgl. für die Umlenkung des in den Raum (20) eingeleiteten Gases angeordnet sind.
15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass an der den Transportraum seitlich begrenzenden Seitenwandung (28) mindestens eine sich schräg zur Radialen erstreckende Bohrung (24) oder dgl. für den Gaseintritt vorgesehen ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass in die Bohrung (24) ein die Innenfläche der Seitenwandung (28) überragendes Röhrchen (30) eingesetzt ist, so dass ein Kontakt der von der schraubenförmigen Gasströmung durch den Transportraum getragenen Flüssigkeitströpfchen während ihres Transports mit der Innenfläche der Seitenwandung vermieden ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die in den Transportraum (20) hineinragende Länge der Röhrchen (30) einstellbar ist.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrung (24) auch in Strömungsrichtung etwas geneigt ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Transportraum (20) im Abstand vor der Tröpfcheneinlassöffnung (22) ein Verteilerkörper (32) vorgesehen ist, der zur radialen Aufächerung und Gleichverteilung über den Raumquerschnitt der in den Transportraum eingeleiteten Tröpfchen dient.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Verteilerkörper (32) eine Platte mit ebener oder konvex gewölbter Oberfläche ist.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass hinter dem Transportraum (20) dunkle, vorzugsweise schwarze Strahlungskörper (34) vorgesehen sind, die die durch Konvektion vom Tröpfchen-Gas-Gemisch bzw. Reaktionsgas aufgenommene Wärme durch Strahlung an die Umgebung abgeben.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass als Strahlungskörper (34) ein in einem dem Reaktionsraum (20) folgenden Kanal (42) konzentrisch angeordneter Rohrabschnitt dient.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Länge des Transport- bzw. Reaktionsraums (20) zu seinem mittleren Durchmesser etwa 1 : 1, vorzugsweise 5 : 3, beträgt.

FIG. 1A

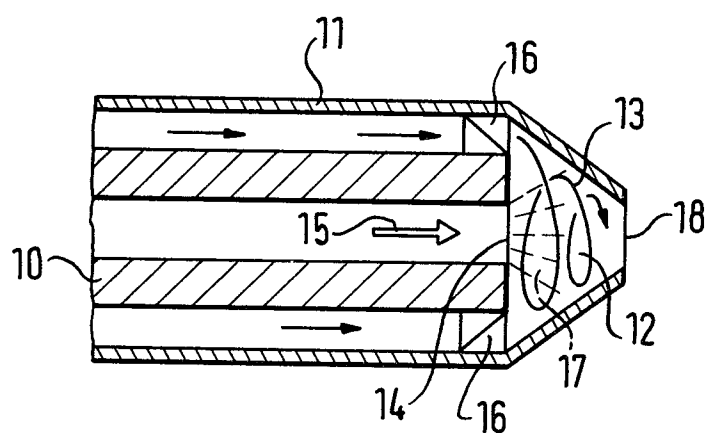


FIG. 1B

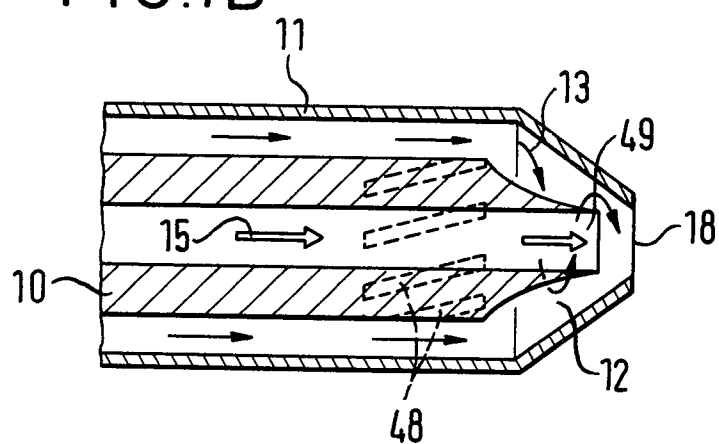


FIG. 1 C

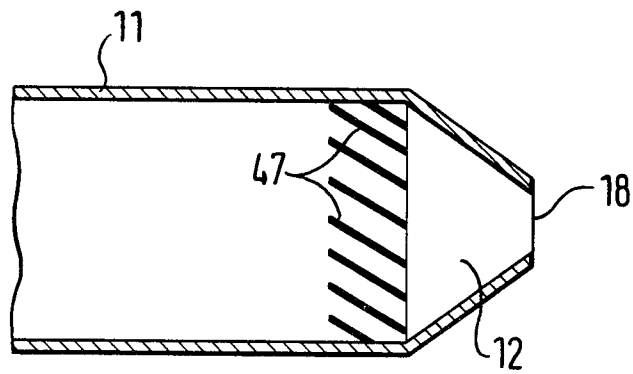


FIG. 1 D

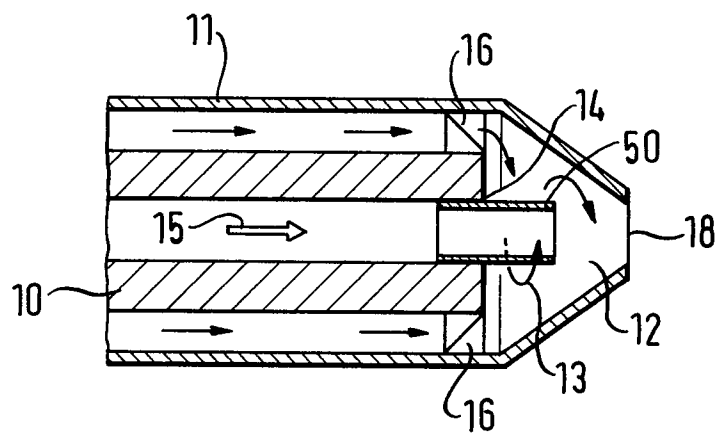


FIG. 2

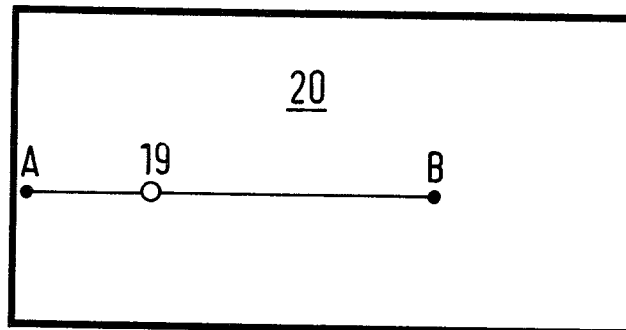


FIG. 3

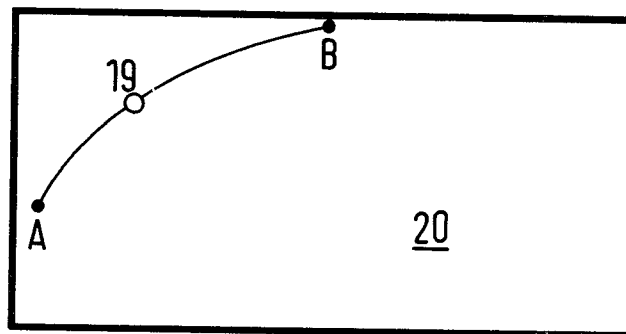


FIG. 4

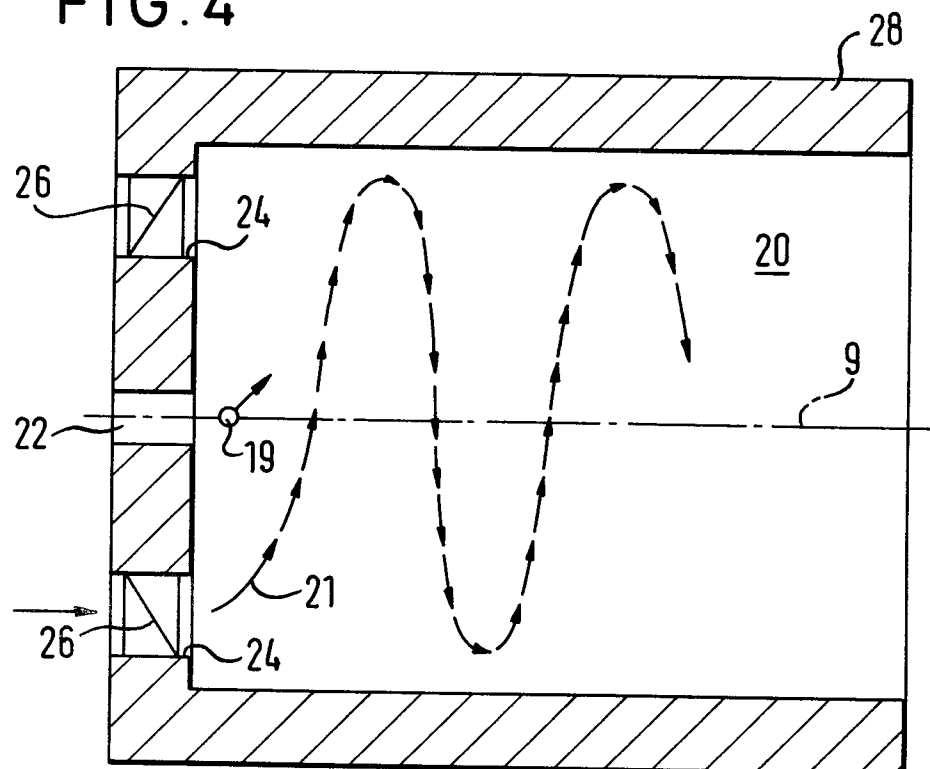


FIG. 5

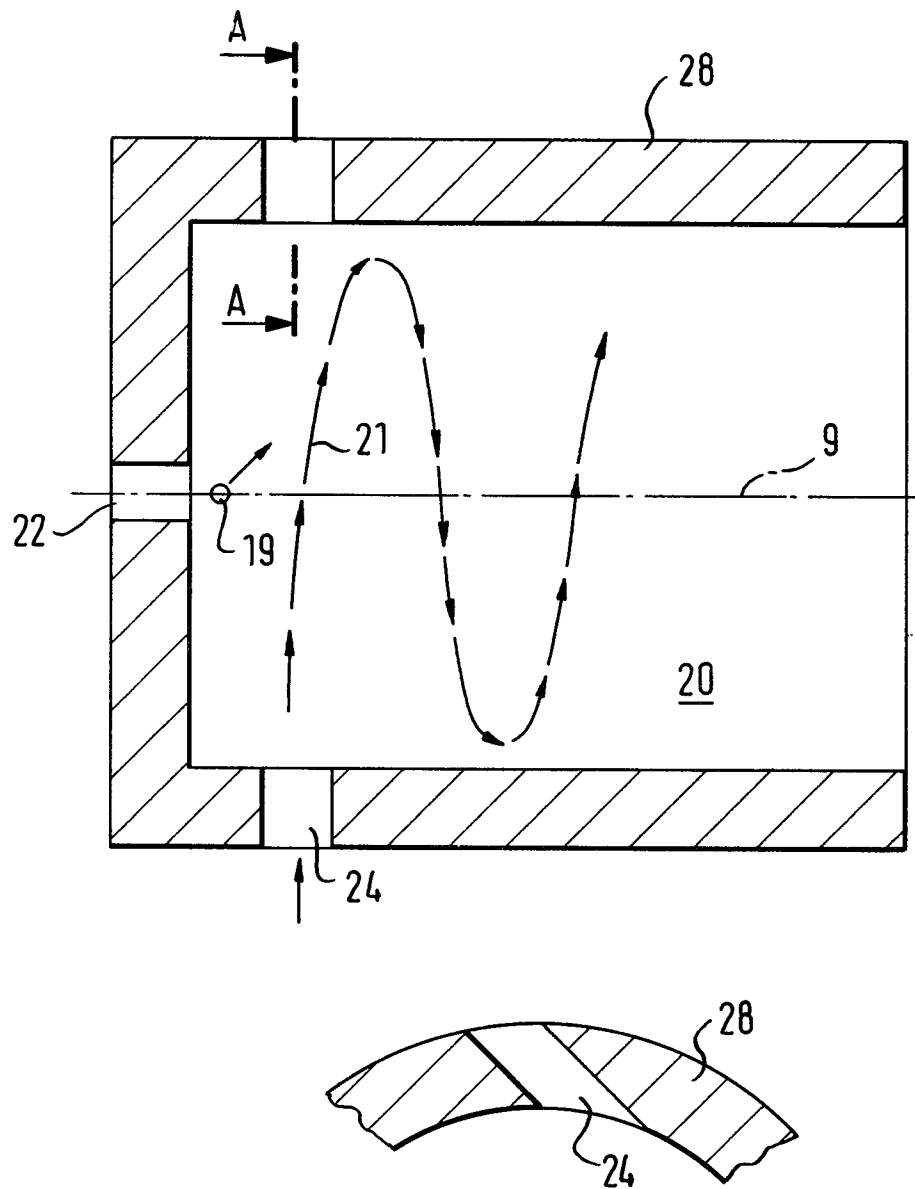


FIG. 6

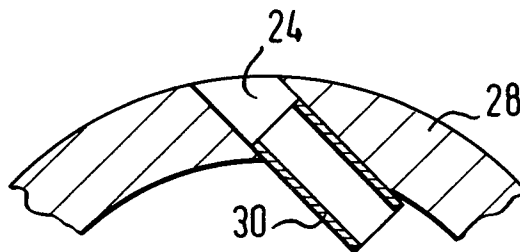
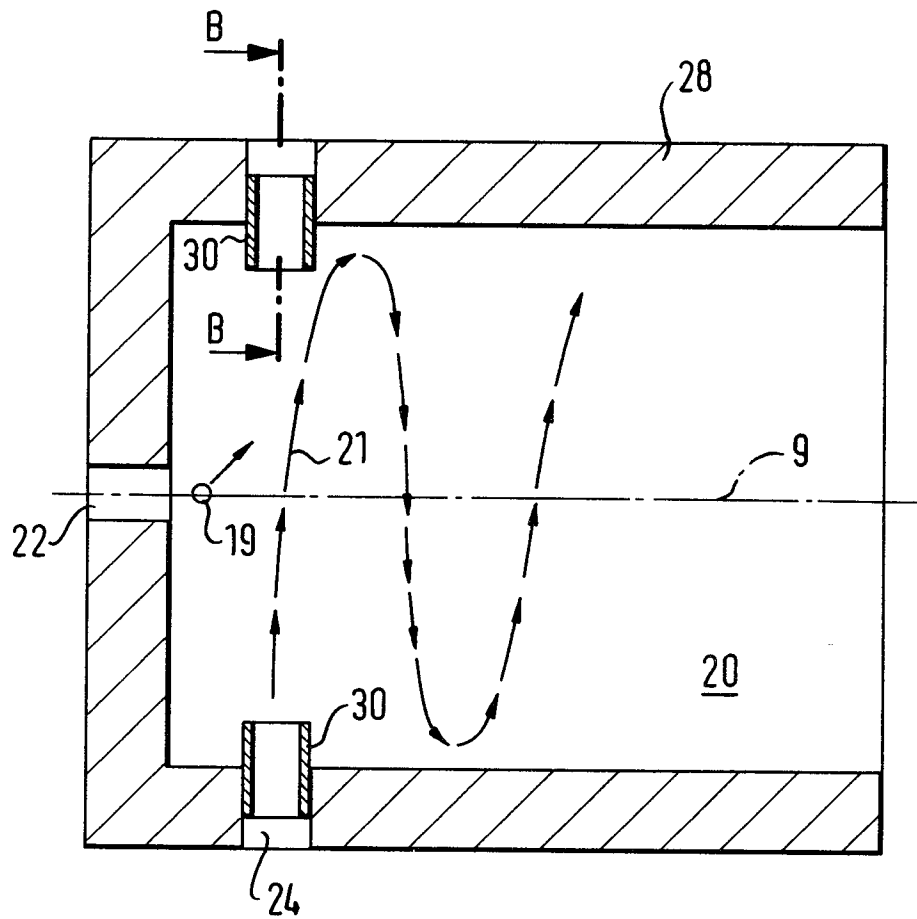


FIG. 7

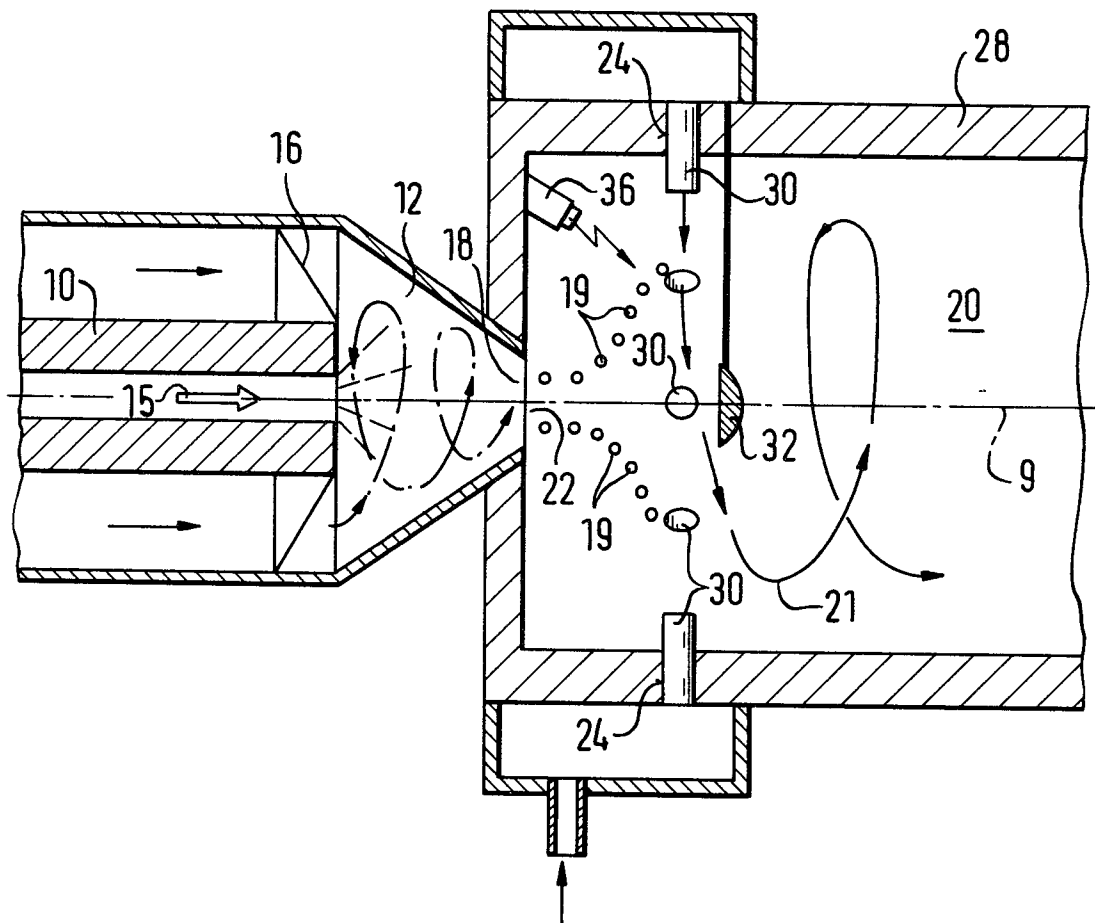


FIG. 8

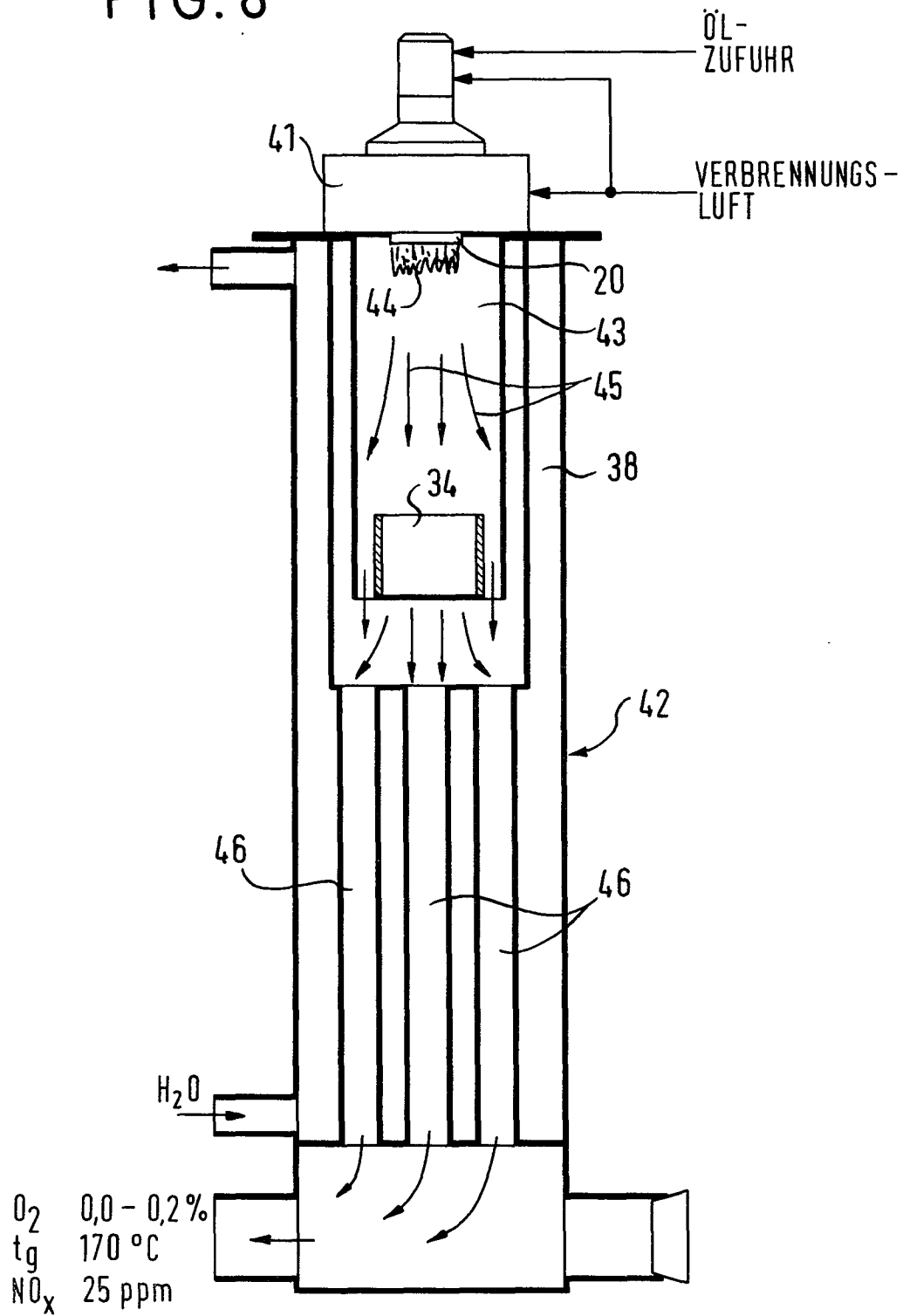


FIG. 9

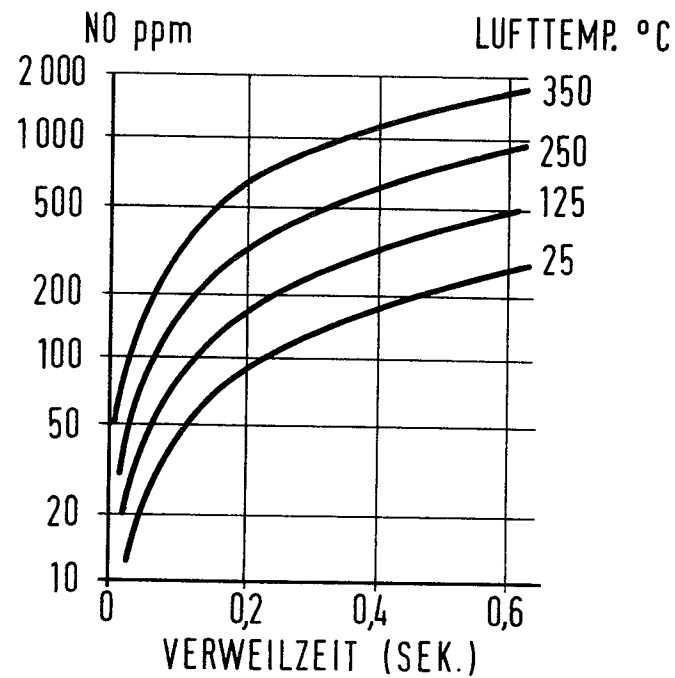
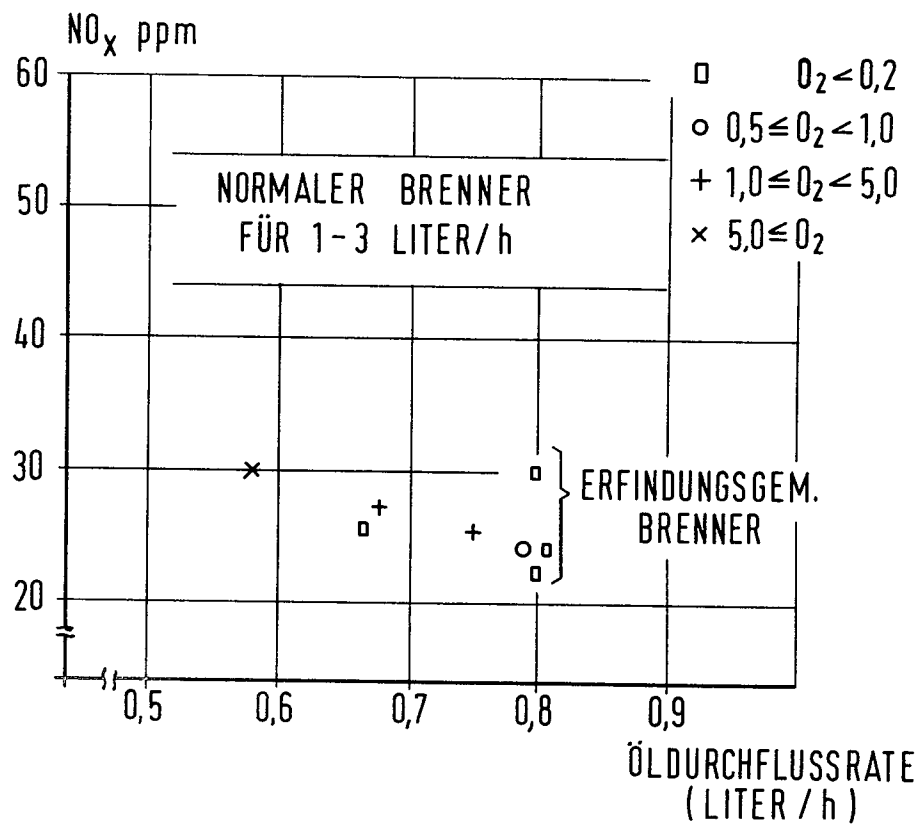


FIG. 10





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0028025

Nummer der Anmeldung

EP 80 10 6544

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
X	<u>US - A - 3 758 259</u> (VOORHEIS) * Zusammenfassung; Figuren 1, 6,7 *	1-3, 10,11	F 23 D 11/10 F 23 C 3/00 7/02 B 05 B 7/10
	--		
	<u>US - A - 4 120 640</u> (MARTIN) * Zusammenfassung; Figur 1 *	1-6,8-11,13	
	--		
	<u>GB - A - 484 602</u> (FRASER) * Seite 2, Zeilen 41-63; Figur 1 *	15,18	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.)
	--		
	<u>DE - A - 1 551 728</u> (SHELL) * Seite 6; Abbildung *	19,20	F 23 D F 23 C B 05 B
	--		
A	<u>US - A - 3 844 484</u> (MASAI) & DE - A - 2 210 159		
	--		
A	<u>DE - A - 2 005 972</u> (BASF)		
A	<u>GB - A - 1 497 832</u> (HOWE-BAKER)		
A	<u>DE - A - 2 356 229</u> (TAMAI)		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			KATEGORIE DER GENANTEN DOKUMENTE
			X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Den Haag	21-01-1981	BURKHART	