



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 405 481 A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 90112203.6

Int. Cl.<sup>5</sup>: **F23K 5/22**, **F23D 11/30**,  
**B05B 7/16**, **B05B 17/04**

Anmeldetag: 27.06.90

Priorität: 29.06.89 DE 3921254

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
02.01.91 Patentblatt 91/01

Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

Anmelder: **SINTERMETALLWERK KREBSÖGE GMBH**  
**Krebsöge 13-15**  
**D-5608 Radevormwald(DE)**

Erfinder: **Schilling, Siegfried W.**  
**Bruderbüelstrasse 21**  
**CH-8332 Russikon(CH)**  
Erfinder: **Albano-Müller, Lothar, Dr.**  
**Hauptstrasse 18**  
**D-5830 Schwelm(DE)**

Vertreter: **Maxton, Alfred et al**  
**Patentanwälte Maxton Maxton Langmaack**  
**Goltsteinstrasse 93 VII Postfach 51 08 06**  
**D-5000 Köln 51(DE)**

Verfahren zum Vernebeln einer Flüssigkeit und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Man gibt die zu vernebelnde Flüssigkeit (1) auf einen offenporigen Kontaktkörper (2) auf und treibt sie mittels eines Gases durch die Porenkanäle, dann bilden sich an der Oberfläche (5) des Kontaktkörpers kleine, ständig zerplatzende Blasen. Hierbei entstehen feinste Tröpfchen, die vom Trägergas abgeführt werden. Bei Flüssigkeitsgemischen mit unterschiedlich siedenden Fraktionen, wird durch die Beheizung

des Kontaktkörpers die niedrig siedende Fraktion verdampft, wobei der Dampf mit der noch flüssigen Fraktion die zerplatzenden Bläschen an der Oberfläche des Kontaktkörpers erzeugt.

Mit Hilfe dieses Verfahrens ist eine Feinstzerstäubung auch bei kleinen Masseströmen mit vergleichsweise geringem Energieaufwand möglich.

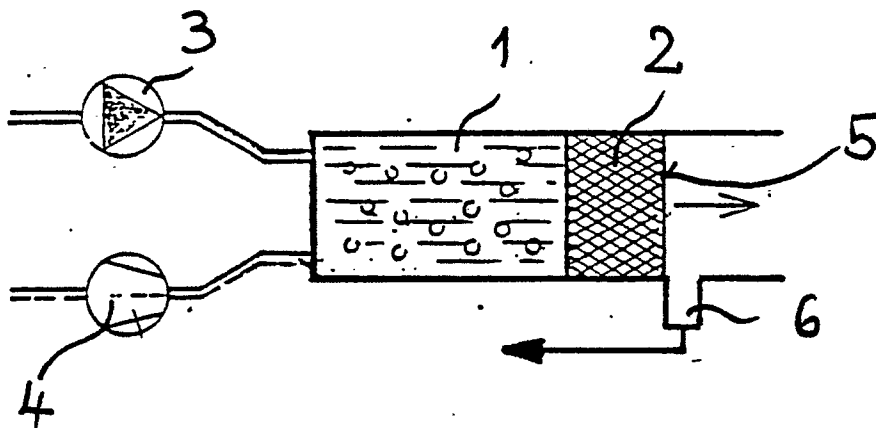


Fig. 1

EP 0 405 481 A1

## VERFAHREN ZUM VERNEBELN EINER FLÜSSIGKEIT UND VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vernebeln einer Flüssigkeit.

Die Zerstäubung oder Vernebelung einer Flüssigkeit mit einem technischen Reinheitsgrad in ein Trägergas bereitet immer dann Schwierigkeiten, wenn relativ kleine Massenströme ( $< 2 \text{ kg/h}$ ) mit einem hohen Feinheitsgrad ( $\ll 100 \text{ }\mu\text{m}$ ) zerstäubt werden sollen, d.h. bei geringen Durchsätzen kleinste Flüssigkeitströpfchen erzeugt werden müssen. Bei der Zerstäubung mit Hilfe von Düsen unter hoher Druckbeaufschlagung der zu zerstäubenden Flüssigkeit sind hierbei natürliche Grenzen hinsichtlich der erreichbaren Tropfenfeinheit gesetzt, da die erforderliche Flüssigkeitgeschwindigkeit mit äußerst kleinen Strömungsquerschnitten in der Düse erzeugt werden muß (Kanäle bei Dralldüsen), die geometrischen Querabmessungen liegen im wichtigen Anwendungsbereich ( $\dot{M} \leq 2 \text{ kg/h}$ ) bei 0,1 bis 0,3 mm, was in der Praxis zu Verstopfungen und nicht reproduzierbaren Zerstäubungsgraden führt. Weiterhin läßt sich hier nicht vermeiden, daß an der Düse selbst durch ein ungenügendes Abreißen des Flüssigkeitsstroms sich immer wieder größere Tropfen bilden, die in der nachgeschalteten Verwendung des erzeugten Nebels sich nachteilig auswirken. So beispielsweise bei der Zerstäubung von Heizöl, wo gerade die im Tropfenkollektiv enthaltenen größeren Tropfen die bekannten Probleme der Bildung von Randnebelfeldern im Bereich der Flammenwurzel und damit eine ungenügende Verbrennung bei relativ langen Flammen bewirken. Ein weiterer Nachteil der bekannten Zerstäubungsverfahren mit Hilfe von Düsen besteht darin, daß selbst beim Einsatz hochfester Materialien Kavitationserscheinungen im Bereich der Düsenmündung auftreten, die nach entsprechender Betriebszeit zu einer Verschlechterung des Zerstäubungsergebnisses führen. Dies tritt umso eher ein, je höher der Zerstäubungsgrad und damit verbunden je höher der auf die Flüssigkeit auszuübende Vordruck ist.

Zur Beseitigung dieser Nachteile sind Zerstäubungs- bzw. Nebel-Einrichtungen bekannt, die zur Zerstäubung einer Flüssigkeit mit einem Treibgas (Luft) betrieben werden. Genannt sind hier Öl-Nebelgeräte zur Lagerschmierung oder Druckluft-Ölzerstäber für Heizölbrenner im Haushaltsbereich oder Wasserdampf-Druckzerstäber im Industriebereich. Bei diesen Einrichtungen wird z.B. Heizöl mittels Druckluft oder Wasserdampf in einer Injektordüse oder an gekrümmten Leitflächen zerstäubt. Hiermit werden gute Zerstäubungsgrade bei kleinen Durchsätzen erzielt. Nachteilig ist der Geräteaufwand zur Erzeugung der Druckluft, z.B. bei

den Druckluftzerstäbern. Für die erforderlichen Luftdrücke von 0,6 bis 1,2 bar und Volumenströmen von 600 bis 1.200  $\text{dm}^3/\text{h}$  können nur Kompressoren eingesetzt werden, da mit Gebläsen diese Druckerhöhungen technisch nicht zu realisieren sind. Bei diesen technischen Lösungen handelt es sich um Einheiten kleiner Leistungen bzw. Durchsätzen, sind aber von der Stückzahl und vom Umsatz her volkswirtschaftlich von großer Bedeutung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Vernebeln einer Flüssigkeit zu schaffen, das eine zuverlässige Zerteilung des Flüssigkeitsstromes in Tröpfchen in einer Größe kleiner als  $100 \text{ }\mu\text{m}$  bei geringstem apparativem Aufwand ermöglicht, wobei die Nebelqualität für den jeweiligen Verwendungszweck modifizierbar sein soll.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Flüssigkeit auf einen offenporigen Kontaktkörper aufgegeben, mittels eines Gases unter Druck durch die Porenkanäle getrieben und der erzeugte Nebel von der Oberfläche des Kontaktkörpers abgeführt wird. Der Begriff "Gas" im Sinne der vorliegenden Erfindung umfaßt hierbei sowohl ein Gas bzw. ein Gasgemisch im eigentlichen Sinne, wie beispielsweise Luft, als auch einen Dampf, der zusätzlich oder aus der zu vernebelnden Flüssigkeit selbst erzeugt wird. Der Begriff "Flüssigkeit" im Sinne der vorliegenden Erfindung umfaßt auch Mischungen verschiedener Flüssigkeiten, auch in Form von Emulsionen oder Flüssigkeits-Gas- oder Flüssigkeits-Dampf-Gemischen mit einem überwiegenden Flüssigkeitsanteil. Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß die dem offenporigen Kontaktkörper zugeführte Flüssigkeit von dem Gas durch die Porenkanäle des Kontaktkörpers hindurchgetrieben wird, so daß sich auf der Oberfläche des Kontaktkörpers eine Vielzahl kleiner Blasen bildet. Die Größe der Blasen richtet sich im wesentlichen nach der jeweiligen Oberflächenspannung der zu vernebelnden Flüssigkeit. Wegen der Vielzahl der nebeneinanderliegenden Porenöffnungen können sich nur kleine Blasen bilden, die alsbald zerplatzen, wobei sich eine Vielzahl feinsten Tropfen aus der zerplatzenden Blasenhülle bildet. Die durch die Porenkanäle des Kontaktkörpers getriebene Flüssigkeit breitet sich immer wieder auf der Oberfläche des Kontaktkörpers aus und bedeckt erneut die "Austrittsöffnungen" der Porenkanäle, so daß sich ständig Blasen bilden. Während bei einer normalen Düse eine Druckbeaufschlagung von 10 bis 100 bar dazu benötigt wird, der Flüssigkeit eine erhebliche kinetische Energie mitzuteilen, wird bei dem

erfindungsgemäßen Verfahren nur ein geringer Energieaufwand benötigt. Die zu vernebelnde Flüssigkeit wird praktisch nur mit dem Druck im mb-Bereich beaufschlagt, der notwendig ist, um die erforderlichen Flüssigkeitsmengen auf den Kontaktkörper aufzugeben. Für die Erzeugung eines Treibgasstromes ist ebenfalls nur ein solches Druckniveau erforderlich, um die Flüssigkeitsmengen durch den Kontaktkörper durchzutreiben, sowie den Blasendruck, gegeben durch die Blasen-Lamellenspannung, zu überwinden. Der erforderliche Druck liegt z.B. bei der Zerstäubung von Heizöl EL und Luft als Treibgas bei 20 mb. Je nach Einsatzzweck wird der sich bildende Nebel durch die natürliche Konvektion der die Oberfläche des Kontaktkörpers umgebenden Atmosphäre oder durch einen gezielt geführten Trägergasstrom, beispielsweise einen Luftstrom, abgenommen. Da mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens eine derart feine Vernebelung der Flüssigkeit erzielt werden kann, ergibt sich als weiterer Vorteil, daß dieser Nebel, bestehend aus dem Treibgas, Flüssigkeitstropfen und überhitzter Dampf der Flüssigkeit, der sich wegen der relativ großen Tropfenoberfläche ( $1765 \text{ m}^2/\text{kg}$ ) und dem vorliegenden Partialdruckgefälle bildet, mit Hilfe eines Trägergasstromes über ein Leitungssystem auch über Umlenkungen geführt werden kann, wobei lediglich die üblichen Bedingungen einer Vermeidung von Taupunktunterschreitungen und damit von Kondensationsvorgängen an den Kanaloberflächen, beispielsweise durch Beheizung des Trägergases und/oder Beheizung der Kanalwände, eingehalten werden müssen.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß die Flüssigkeit vorzugsweise im Bereich des Kontaktkörpers auf ihre Siedetemperatur, entsprechend dem Entspannungsdruck, aufgeheizt wird. Diese Verfahrensweise hat den Vorteil, daß das für die Vernebelung erforderliche "Druckgas" durch die Verdampfung eines Teils der zu vernebelnden Flüssigkeit erzielt wird. Der besondere Vorteil besteht hierbei darin, daß für die Erzeugung des Druckes lediglich die Wärmeenergie notwendig ist, um einen Teil (ca. 10 bis 20 %) der Flüssigkeit zu verdampfen, da sich die erforderliche Druckbildung infolge der durch den Verdampfungsvorgang eintretenden erheblichen Volumenvergrößerung von selbst einstellt. Das Aufheizen der Flüssigkeit kann hierbei vor dem Eintritt der Flüssigkeit in den Kontaktkörper erfolgen, so daß bei entsprechendem Vordruck der Flüssigkeit in den Poren im Bereich der Austrittsoberfläche des Kontaktkörpers aufgrund des Druckabfalls eine spontane Dampfbildung eintritt, da die Flüssigkeit, bezogen auf den Entspannungsdruck, überhitzt ist. Das Verfahren kann hierbei in der Weise modifiziert werden, daß nur ein Teilstrom der Flüssigkeit unter Druck auf

Siedetemperatur aufgeheizt wird und zur Bildung des Druckgases verwendet wird, während der andere Teilstrom nur mit dem normalen Förderdruck auf den Kontaktkörper aufgegeben wird. Ein besondere Effekt des erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt sich dadurch, daß die zu vernebelnde Flüssigkeit von den Porenkanälen des Kontaktkörpers aufgrund der Kapillarwirkung aufgesogen wird, so daß praktisch selbsttätig die von der Oberfläche des Kontaktkörpers als Nebel abgenommene Flüssigkeitsmenge nachlaufen kann. Besonders zweckmäßig ist es ferner, wenn die Aufheizung der Flüssigkeit über den Kontaktkörper selbst erfolgt.

In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß die Flüssigkeit als Flüssigkeitsgemisch aus wenigstens zwei Flüssigkeitsfraktionen mit unterschiedlichen Siedepunkten auf den Kontaktkörper aufgegeben wird und das Druckgas durch Erhitzen der Flüssigkeit auf wenigstens die Siedetemperatur der niedrigst siedenden Flüssigkeitsfraktion erzeugt wird. Beispielsweise bei der Vernebelung von Heizöl, das mehrere unterschiedlich siedende Flüssigkeitsfraktionen aufweist, ist immer ein bestimmter Anteil einer niedrig siedenden Fraktion vorhanden. Die zu vernebelnde Flüssigkeitsmischung kann aber auch speziell zum Zwecke des Verfahrens hergestellt werden, wobei dann auch die Menge der niedrig siedenden Fraktion genau auf die Bedürfnisse des Verfahrens abgestellt werden kann. So ist es beispielsweise auch möglich, die Flüssigkeitsgemische in Form einer Emulsion aufzugeben.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung besteht die Möglichkeit, die Flüssigkeit zusammen mit einem zusätzlichen Druckgas in feinsten Verteilung, vorzugsweise Luft, auf den Kontaktkörper aufzugeben. Das Druckgas steht unter Flüssigkeitsdruck. Bei Durchtritt des Flüssigkeits-Gasgemisches entspannen die Gasblasen und es kommt an der Porenaustrittsfläche des Kontaktkörpers zur schon beschriebenen Nebelbildung. Besonders zweckmäßig ist jedoch eine Abwandlung des Verfahrens, bei dem die Flüssigkeit auf den vom Druckgas durchströmten Kontaktkörper dosiert aufgegeben wird, so daß die Porenoberfläche im Kontaktkörper im wesentlichen nur benetzt wird. Bei dieser Verfahrensweise, die die Verwendung eines verhältnismäßig grobporigen Kontaktkörpers gestattet, wird das Druckgas durch die Porenkanäle des Kontaktkörpers gepreßt, wobei immer nur Teile des auf der Oberfläche der Porenkanäle befindlichen Flüssigkeitsfilmes mitgerissen wird. Besonders zweckmäßig ist dieses Verfahren, wenn der Kontaktkörper mit regellos verlaufenden Porenkanälen versehen ist, insbesondere Porenkanälen mit scharfkantigen Oberflächen, so daß hier jeweils im Porenkörper Abrißkanten für den Flüssigkeitsfilm vorhanden sind. Zweckmäßig ist es hierbei ferner, wenn das

zusätzliche Druckgas vor dem Einleiten in den Kontaktkörper aufgeheizt wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß die zu vernebelnde Flüssigkeit in einen Trägergasstrom als Tropfenkollektiv zerstäubt wird und daß aus dem Tropfenkollektiv durch Umlenkung des Trägergasstromes die eine vorgegebene maximale Größe überschreitenden Tropfen auf einen beheizten Kontaktkörper aufgebracht und in den Trägergasstrom verdampft werden.

Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Vernebeln einer Flüssigkeit, mit einer Zufuhr für die zu vernebelnde Flüssigkeitsmenge, die mit einem Vernebelungskörper verbunden ist, insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Nachteile der vorbekannten Einrichtungen zum Vernebeln von Flüssigkeiten, bei denen der Vernebelungskörper durch ein oder mehrere Düsen gebildet wird, wurden eingangs bereits dargelegt.

Die Nachteile der bekannten Vernebelungskörper lassen sich erfindungsgemäß dadurch vermeiden, daß der Vernebelungskörper als offenporiger Kontaktkörper ausgebildet ist, der mit der Zufuhrleitung und mit Mitteln zur Erzeugung eines Druckgases in Verbindung steht. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß die zu vernebelnde Flüssigkeit im einfachsten Falle druckfrei auf den Kontaktkörper aufgegeben zu werden braucht, d.h. nur die Druckenergie aufzubringen ist, die als Förderenergie notwendig ist und daß für die Vernebelung lediglich die Energie aufzubringen ist, die zur Erzeugung des Gasdruckes notwendig ist. Der offenporige Kontaktkörper, der beispielsweise auch durch eine auf einen Flüssigkeitsverteilungskörper aufgesetzte Porenschicht gebildet sein kann, hat hierbei in erster Linie die Funktion, auf der "Austrittsseite", d.h. auf der Seite auf der der entstehende Nebel von der Oberfläche abgenommen wird, die Bildung einer Vielzahl feiner Flüssigkeitsbläschen zu bewirken. In der einfachsten Ausgestaltung kann dies durch einen siebartigen Körper mit einer Vielzahl feinsten Bohrungen, beispielsweise mit Hilfe von Laserstrahlen erzeugte Bohrungen, bewirkt werden. Zweckmäßig ist es hierbei, wenn die Poren im Bereich der austrittsseitigen Oberfläche des Kontaktkörpers wenigstens zum Teil mit scharfkantigen Vorsprüngen versehen ist. Hierdurch wird zum einen die Blasenbildung erleichtert, zum anderen jedoch bewirkt, daß die Blasen schneller abreißen und sich die gewünschten feinteiligen Tropfen bilden können. Besonders zweckmäßig ist es hierbei, wenn zumindest im Bereich der Nebelaustrittsfläche des Kontaktkörpers die Porenöffnungen eine regellose Öffnungsgeometrie aufweisen. Regellose Öffnungsgeometrie im Sinne der Erfindung bedeutet nicht nur, daß die Achsen

der Austrittsöffnungen in unterschiedlichen Winkeln zur Austrittsfläche ausgerichtet sind, sondern daß darüber hinaus auch die Kontur der Porenöffnungen unregelmäßig ist.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist daher vorgesehen, daß der Kontaktkörper aus einem offenporig gesinterten Formkörper besteht. Das Sintermaterial kann hierbei ein rein keramisches Material sein oder aber auch aus sogenanntem Sintermetall bestehen. Der besondere Vorteil der Verwendung eines Sinterwerkstoffes für den Kontaktkörper besteht darin, daß hiermit die bevorzugten Vorgaben einer regellosen Austrittsgeometrie und das Vorhandensein von scharfkantigen Vorsprüngen zumindest im Bereich der Austrittsöffnungen in einfacher Weise herzustellen sind, da die für den Sintervorgang einzusetzenden körnigen Materialien schon vom vorausgegangenen Zerkleinerungsvorgang her zumindest für einen Teil des Kornspektrums scharfkantige Konturen aufweisen, die auch durch den Sintervorgang nicht verlorengehen. Des weiteren ist hierbei vorteilhaft, daß eine sehr feine Kapillarstruktur für den Kontaktkörper erzielt werden kann, wobei durch die vorgegebene Offenporigkeit im Kontaktkörper nicht nur "Längskanäle", sondern auch "Querkanäle" vorhanden sind, so daß hier infolge der ständig wechselnden Druckverhältnisse an der Austrittsoberfläche des Kontaktkörpers im Zusammenhang mit der Blasenbildung und dem Platzen der Blasen eine entsprechende Durchströmung des Kontaktkörpers erfolgt. Ein weiterer Vorteil der Verwendung eines Sinterwerkstoffes besteht darin, daß der Kontaktkörper als solcher in bezug auf seine Durchströmung von Flüssigkeit und/oder Gas keine große "Durchströmungslänge" aufzuweisen braucht, sondern als verhältnismäßig dünnwandige Sintermaterialschiicht eingesetzt werden kann. Ein weiterer Vorteil der Verwendung eines Sintermaterials besteht darin, daß praktisch jede beliebige Oberflächenkontur für die Austrittsseite aber auch für die Eintrittsseite vorgegeben werden kann, so daß der Kontaktkörper in seiner Formgestaltung jeweils optimal auf die Einsatzbedingungen abgestimmt werden kann. So ist es beispielsweise möglich, bei der Abnahme des erzeugten Nebels durch ein strömendes Trägergas hier die Kontur des Kontaktkörpers so zu formen, daß in bezug auf die Strömungsrichtung des Trägergases für die gesamte Austrittsoberfläche optimale Abnahmebedingungen für den erzeugten Nebel bestehen. Dadurch, daß der Kontaktkörper verhältnismäßig dünnwandig ausgebildet werden kann, also eine verhältnismäßig kurze Durchströmungslänge sowohl für die Flüssigkeit als auch für das Druckgas vorhanden ist, sind trotz der Feinporigkeit nur verhältnismäßig geringe Überdrücke gegenüber dem mit dem Nebel zu füllenden Raum notwendig.

In Ausgestaltung der Erfindung ist der Kontaktkörper vorzugsweise so gestaltet, daß er eine Porosität aufweist, die einem Hohlraumvolumen zwischen etwa 30 bis 80%, vorzugsweise 40 bis 60% des Kontaktkörpervolumens entspricht. Bevorzugt ist jedoch ein Hohlraumvolumen von etwa 45% bis 55% des Kontaktkörpervolumens. Zweckmäßig ist hierbei ferner, wenn der äquivalente mittlere Porendurchmesser im Kontaktkörper zwischen etwa 20 bis 150  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 40 und 100  $\mu\text{m}$  liegt.

Während es grundsätzlich möglich ist, wie anhand des erfindungsgemäßen Verfahrens bereits dargelegt, die Flüssigkeit auf den Kontaktkörper aufzugeben, beispielsweise auf den Kontaktkörper aufzutropfen und das Gas unter Druck durch den Kontaktkörper hindurchzuführen, ist in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß der Kontaktkörper mit einer Heizeinrichtung verbunden ist. Diese Anordnung ist insbesondere für solche Einsatzfälle zweckmäßig, wenn Flüssigkeitsgemische mit einer niedrig siedenden Flüssigkeitsfraktion vernebelt werden sollen. Anstelle einer Beaufschlagung mit Gas wird dann das für den Treib- und Blasenbildungsvorgang notwendige Druckgas durch Verdampfung eines Teiles der zu vernebelnden Flüssigkeit erzeugt, wobei lediglich die zur Verdampfung der betreffenden Flüssigkeitsmenge erforderliche Heizenergie dem Kontaktkörper zuzuführen ist. Besonders zweckmäßig ist es hierbei, wenn die Heizeinrichtung auf einer der Nebelaustrittsfläche abgekehrten Fläche des Kontaktkörpers angeordnet ist. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß innerhalb des Kontaktkörpers in Hauptströmungsrichtung ein Temperaturgefälle vorhanden ist, so daß die höchste Temperatur und damit die stärkste Verdampfungsleistung auf der der Nebelaustrittsfläche abgekehrten Seite vorhanden ist und so durch den sich bildenden Dampf eine entsprechend große Flüssigkeitsmenge auf der Nebelaustrittsfläche vernebelt wird. Ein besonderer Vorteil der Beheizung des Kontaktkörpers besteht vor allem in einer guten Regelungsmöglichkeit, da die Menge der vernebelten Flüssigkeit zu einem Teil auch über die Zufuhr an Heizenergie reguliert werden kann, da das Maß der Blasenbildung auf der Nebelaustrittsfläche unmittelbar von der Menge des zur Nebelbildung erforderlichen Druckgases in Form von verdampfter Flüssigkeit abhängig ist. Selbst wenn bei einem entsprechenden Regeleingriff dem Kontaktkörper kurzzeitig ein Flüssigkeitsüberschuß zugeführt wird, so kann dieser über die Oberfläche des Kontaktkörpers ablaufen und aufgefangen werden, ohne daß er an das Trägergas abgeben wird. Ein kurzzeitiger Flüssigkeitsüberschuß hat hierbei zugleich eine positive Einwirkung auf den Regeleingriff, weil mit Zurücknahme der Heizenergie zugleich ein Kühleffekt eintritt und da-

mit unmittelbar die sich bildende Nebelmenge reduziert wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, daß der Kontaktkörper von einer Mischkammer umschlossen ist, die eine Eintrittsöffnung für ein Trägergas und eine Austrittsöffnung für die Abfuhr des mit dem erzeugten Nebel vermischten Trägergases aufweist. Diese Anordnung erlaubt selbst für große Durchsatzleistungen kleine Bauformen, zumal die Abnahme des erzeugten Nebels durch ein Trägergas für den jeweils konkreten Einsatzfall auch in der Form vorgenommen werden kann, daß nicht die Hauptmenge des mit dem Nebel beladenen Trägergasstromes durch die Mischkammer hindurchgeführt wird, sondern nur eine Teilmenge und daß dann die mit dem Nebel beladene Trägergas-teilmenge in den von der Trägergasmenge durchströmten Strömungskanal eingeleitet werden kann.

In zweckmäßiger Ausgestaltung ist hierbei ferner vorgesehen, daß die Zufuhrleitung für die Flüssigkeit im oberen Bereich an dem Kontaktkörper ausmündet und daß im unteren Bereich des Kontaktkörpers ein mit einer Abzugsleitung versehener Flüssigkeitsüberschußsammelr vorgesehen ist. Hierdurch ist gewährleistet, daß nur Flüssigkeitströpfchen unter einer Mindestgröße vom Trägergas abgezogen und somit nur ein Nebel zur Verwendungsstelle geführt wird.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Kontaktkörper als Kanalkörper ausgebildet ist, der mit einem mit der Flüssigkeitszufuhr in Verbindung stehenden Ende die Austrittsöffnung einer Druckkammer bildet. Bei dieser Anordnung wird die zu vernebelnde Flüssigkeit ebenso wie das Druckgas durch den Kontaktkörper hindurchgeführt. Der Kontaktkörper wird hierbei also in ähnlicher Weise wie die bisher bekannten Düsen eingesetzt. Sofern das Druckgas nicht über die Verdampfung eines Teils der Flüssigkeit im Kontaktkörper selbst erzeugt wird, ist es in weiterer Ausgestaltung zweckmäßig, wenn in die Druckkammer eine Zuleitung für ein Druckgas einmündet.

Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung, insbesondere zur Vernebelung von Heizöl zu Verbrennungszwecken. Hierbei ist erfindungsgemäß der Kontaktkörper vorzugsweise rohrförmig ausgebildet und vorzugsweise vertikal ausgerichtet in der Mischkammer angeordnet und mit einer Heizeinrichtung verbunden ist und die Flüssigkeitsabgabe im Bereich eines Endes des Kontaktkörpers angeordnet ist. Bei dieser Anordnung wird mit Vorteil ausgenutzt, daß Heizöl ein aus mehreren Fraktionen mit unterschiedlichen Siedetemperaturen gebildeten Flüssigkeitsgemisch besteht und daß die für die Vernebelung erforderliche Verdampfung einer Teilfraktion schon bei verhältnismäßig geringen Temperaturen eintritt. Der hierbei entstehende

Dampf stellt jedoch zugleich einen Teil des zu bildenden Nebels dar. Ferner wird mit Vorteil ausgenutzt, daß Öl besonders gute Benetzungseigenschaften besitzt, so daß sich die Poren des Kontaktkörpers, der auch hier vorzugsweise aus einem Sintermaterial besteht, mit dem Heizöl vollsaugen, so daß das Heizöl praktisch nur auf die Oberfläche des Kontaktkörpers aufgegeben zu werden braucht. Die Aufgabe der zu verdampfenden Flüssigkeit kann auch unmittelbar auf die Nebelaustrittsfläche erfolgen. Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung erfolgt dies am oberen Ende des Kontaktkörpers, so daß die Flüssigkeit bei Überladung der Poren über die Außenfläche des Kontaktkörpers ablaufen kann, wobei der Prozeß so zu führen ist, daß der Kontaktkörper mit Flüssigkeit nicht übersättigt wird, da die Blasenbildung durch den geschlossenen Ölfilm an der Austritts-Oberfläche behindert wird. Während es grundsätzlich möglich ist, für Verbrennungszwecke das zu verbrennende Öl durch Wärmezufuhr zu verdampfen, bietet das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung eine erhebliche Leistungseinsparung. Zur Erzeugung von Sattdampf aus einem Kilogramm Heizöl werden etwa 330 Watt Netto-Heizleistung benötigt. Um ein Kilogramm Öl mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu vernebeln, wird jedoch nur eine Brutto-Heizleistung von 50 Watt benötigt, da ja nur eine Teilfraktion und hierbei nur eine niedrigsiedende Teilfraktion des Heizöls verdampft zu werden braucht, während die restliche Vernebelung infolge der Volumenvergrößerung des verdampften Anteils und der mechanischen Vorgänge im Bereich der Blasenbildung und des Blasenzerfalls erfolgen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung zur Verwendung als Heizölbrenner ist vorgesehen, daß der Durchlaß für den erzeugten Heizölnebel und/oder eines Nebel-Luft-Gemisches mit einer Abzugsleitung in Verbindung steht und daß das im Brennraum befindliche Ende der Abzugsleitung als Brennerkopf ausgebildet ist. Da als Trägergas zur Abnahme des erzeugten Nebels Luft eingesetzt wird, die in ihrer Menge unter dem Gesichtspunkt der Primärluft bemessen wird, ergibt sich somit die Möglichkeit, dem Brennerkopf ein optimal aufbereitetes Brennstoff-Luftgemisch zuzuführen. Die Primärluftmenge ist hierbei in bezug auf die Verbrennungsbedingungen unterstöchiometrisch, so daß dem Brennerkopf ein überfettetes Brennstoff-Luftgemisch zugeführt wird, das aufgrund der feinteiligen Vernebelung praktisch Gascharakter besitzt. Der Brennerkopf kann hierbei in üblicher Weise wie ein Gasbrenner mit regelbaren Zufuhreinrichtungen zu Zufuhr von Sekundärluft zur Einstellung des für eine rückstandslose Verbrennung erforderlichen Luftverhältnisse ausgebildet sein.

In einer besonders zweckmäßigen Ausgestal-

tung der Erfindung für den Einsatz als Brenner ist ferner vorgesehen, daß der Brennerkopf als Flammenhalter ausgebildet ist und durch einen Formkörper aus einem offenporigen Sinterwerkstoff besteht. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß nach dem Zünden des aus dem Flammenhalter austretenden Gemisches die Oxidationsreaktion zwischen dem Brennstoffnebel und dem Luftsauerstoff bereits innerhalb des Porenkörpers einsetzt, so daß bei einer entsprechenden Einstellung des Brennstoff-Luftverhältnisses die Verbrennung lautlos und ohne sichtbaren Gas-Flammenkörper abläuft. Der weitere besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Ausgestaltung besteht dann darin, daß der Flammenhalter in seiner äußeren Form den eigentlichen Flammenkörper darstellt und damit unmittelbar an die Geometrie des Brennraumes bzw. der durch den Brennraum definierten Wärme-tauscherflächen angepaßt werden kann. Damit ist die Möglichkeit gegeben, daß auch für die Verbrennung von Heizöl anstelle einer großvolumigen Flamme mit einer mehr oder weniger vollständigen Verbrennung ein in seiner Form weitgehend beliebig gestaltbarer Oberflächenbrenner zur Verfügung steht. Dies hat den weiteren Vorteil, daß Wärme während der Verbrennungsreaktion durch Festkörperstrahlung aus dem Prozeß ausgekoppelt wird und damit die Prozeßtemperatur unter der Gleichgewichtstemperatur der NO-Bildung liegt, was zu äußerst niedrigen NO<sub>x</sub>-Anteilen im Abgas führt. Es liegt nahe, daß der Verbrennungsprozeß auch so geführt werden kann, daß der "Flammenhalter" als Gasgenerator wirkt, d.h. die Verbrennung läuft mit Luftmangel ab.

Zweckmäßige und vorteilhafte Ausgestaltungen von Vorrichtungen sind in den Unteransprüchen 25 bis 27 angegeben.

Die Erfindung wird anhand schematischer Zeichnungen von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 bis 5 unterschiedliche Durchführungsformen des Verfahrens,

Fig. 6 eine als Heizölbrenner ausgebildete Vorrichtung,

Fig. 7 eine andere Ausführungsform eines Kontaktkörpers,

Fig. 8 eine schematische Anordnung für eine Sprüh- und Verdampfungsvernebelung,

Fig. 9 eine Ausführungsform eines Brenners für eine Sprühverdampfung.

Bei dem in Fig. 1 schematisch dargestellten Verfahren wird in einen Druckraum 1, der durch einen offenporigen Kontaktkörper aus einem Sintermaterial verschlossen ist, über eine Förderpumpe 3 eine Flüssigkeit, beispielsweise Heizöl, und über einen Kompressor 4 ein Gas, beispielsweise Luft, eingeführt. Die der Druckkammer 1 abgekehrte Seite des Kontaktkörpers 2, die Nebelaustrittsflä-

che 5, mündet hierbei in einen Raum, aus dem der sich bildende Nebel, beispielsweise durch ein Trägergas, abgeführt wird. Aus dem Druckraum 1 wird das Flüssigkeits-Gasgemisch durch die Poren des Kontaktkörpers 2 hindurchgetrieben, wobei die Temperaturlage der gesamten Anordnung unterhalb der Siedetemperatur der Flüssigkeit liegt. Die Zerstäubung der Flüssigkeit erfolgt nun auf der Nebelaustrittsseite 5 des Kontaktkörpers 2 dadurch, daß sich jeweils an den Porenöffnungen des Kontaktkörpers kleine Blasen bilden, die ständig zerplatzen, wobei ein Teil der in der Blasenoberfläche enthaltenen Flüssigkeit in Form feinsten Tropfen, frei in den Sammelraum tritt und bei der Verwendung eines Trägergases praktisch in vollem Umfang von der Nebelaustrittsfläche 5 abgenommen wird. Um die Übernahme größerer Tropfen vom Trägergas zu vermeiden, ist zumindest die Nebelaustrittsfläche 5 vertikal ausgerichtet, so daß an ihrem unteren Ende ein Sammler 6 für den Flüssigkeitsüberschuß angeordnet werden kann. Da es sich hier um eine Zwei-Phasen strömung handelt, muß die Pumpe 3 nur gegen den Druck des Gases arbeiten. Die Flüssigkeitszufuhr kann jedoch so dosiert werden, daß praktisch keine Flüssigkeit auf der Nebelaustrittsfläche abläuft.

Das anhand von Fig. 2 und Fig. 3 erläuterte Verfahren verzichtet auf die Zuführung eines zusätzlichen Druckgases. Bei diesem Verfahren wird die zu vernebelnde Flüssigkeit über eine Förderpumpe 3 in einen Druckraum 1 eingefördert, der durch einen offenporigen Kontaktkörper 2 vorzugsweise aus einem Sintermaterial abgeschlossen ist. Im Druckraum 1 ist eine Heizeinrichtung 7 angeordnet, die die zu vernebelnde Flüssigkeit auf eine, bezogen auf den Druck an der Oberfläche 5, über dem Siedepunkt der Flüssigkeit liegenden Temperatur aufheizt. Beim Durchtritt durch den offenporigen Kontaktkörper ergibt sich eine Druckentspannung der über hitzten Flüssigkeit innerhalb des Kontaktkörpers, so daß es zu einer spontanen Dampfblasenbildung kommt, die dann einen Teil der Flüssigkeit in flüssiger Form durch die Kapillaren des Kontaktkörpers hindurchtreibt, so daß aus der Nebelaustrittsfläche ein Teil der Flüssigkeit in Dampfform und ein anderer Teil aufgrund der zerplatzenden Blasen in Tröpfchenform austritt. Dieses Verfahren ist insbesondere dann von Vorteil, wenn anstatt einer "Einstoff-Flüssigkeit" ein Flüssigkeitsgemisch vernebelt werden soll, das wenigstens eine niedrig siedende Fraktion aufweist, wie dies beispielsweise bei normalen Heizölen aber auch bei einer Wasser-in-Öl-Emulsion der Fall ist. Die Aufheizung eines derartigen Flüssigkeitsgemisches braucht daher nur auf bzw. etwas über dem Siedepunkt der niedrigst siedenden Fraktion bewerkstelligt zu werden, so daß in der Regel mit geringen Heizleistungen gearbeitet werden kann.

Im Kontaktkörper verdampft dann aufgrund der Druckentspannung nur der in bezug auf seinen Siedepunkt überhitzte Flüssigkeitsanteil, so daß der hierbei entstehende Dampf dann die andere vollständig in flüssiger Phase vorliegende Fraktion in Form zerplatzender Blasen an der Nebelaustrittsfläche in den Raum bzw. in das abnehmende Trägergas herausdrückt. Bei Wasser-in-Öl-Emulsion, wie sie insbesondere für Öle mit hochliegendem Siedepunkt zweckmäßig sind, übernimmt hierbei der Wasseranteil die Funktion der niedrig siedenden, das Druckgas bildenden Fraktion.

Fig. 3 zeigt hierbei eine Abwandlung des vorstehend beschriebenen Verfahrens. Hierbei wird die Flüssigkeit unter Normaltemperatur in den Druckraum 1 eingeleitet, dort aber nicht mehr erhitzt. Die Erhitzung erfolgt vielmehr unmittelbar über den mit einer Heizeinrichtung 8 versehenen Kontaktkörper, so daß hier nicht mehr das gesamte im Druckraum 1 enthaltene Flüssigkeitsvolumen auf Überhitzungstemperatur gebracht zu werden braucht. Es wird lediglich die Energiemenge benötigt, um die jeweils im Porenvolumen des Kontaktkörpers 2 enthaltene Flüssigkeitsmenge aufzuheizen. Hierbei ergibt sich ferner noch der Vorteil, daß aufgrund der geometrischen Struktur der Porenkanäle in einem Sinterkörper mit ihren in bezug auf die Durchflußrichtung regellos querund längslaufenden Porenkanälen mit einer Vielzahl von scharfkantigen Umlenkungen und Vorsprüngen eine sehr schnelle Dampfblasenbildung eintritt. Hinzu kommt ferner noch, daß das jeweils über den Kontaktkörper selbst die spezifische Oberfläche eines "Flüssigkeitsfadens" der aufzuheizenden Flüssigkeit sehr groß ist, so daß sehr schnell über den gesamten Querschnitt eines derartigen "Flüssigkeitsfadens" der jeweils niedrig siedende Flüssigkeitsanteil vollständig verdampft und somit noch innerhalb des Kontaktkörpers aufgrund der entstehenden Volumenvergrößerung eine Funktion als "Druckgas" erfüllen kann.

Bei den vorstehend beschriebenen Verfahren ist der Kontaktkörper 2 als sogenannter Kanalkörper ausgebildet, d.h. der Kontaktkörper 2 wird von der zu vernebelnden Flüssigkeit in seiner vollen Länge durchströmt, so daß in jedem Falle ein Druckgefälle zwischen Druckkammer 1 und der Nebelaustrittsfläche 5 vorhanden sein muß.

Bei dem anhand von Fig. 4 beschriebenen Verfahren, das sich in besonders einfacher Weise in eine funktionstüchtige Vorrichtung umsetzen läßt, und das insbesondere für die Vernebelung von Flüssigkeitsgemischen mit wenigstens einer niedrig siedenden Fraktion eingesetzt wird, ist in einer Halterung 9 ein Kontaktkörper 2, der vorzugsweise wiederum aus einem offenporigen Sintermaterial besteht, angeordnet. Die der Nebelaustrittsfläche 5 abgekehrte Fläche 10 des Kontaktkörpers 2



ist hierbei mit einer Heizeinrichtung, vorzugsweise einem elektrischen Flächenheizkörper verbunden, so daß in Richtung des Pfeiles 11 ein Temperaturgefälle im Kontaktkörper 2 vorhanden ist. Die zu vernebelnde Flüssigkeit wird über eine Förderpumpe 3 auf den Kontaktkörper 2 aufgegeben, wobei die Aufgabe in der Nähe der rückwärtigen Fläche 10 seitlich oder axial erfolgt. Die Flüssigkeitsaufgabe erfolgt hier praktisch druckfrei, da von der Förderpumpe lediglich der Druck aufgebracht werden muß, der erforderlich ist, um bei einer vorgegebenen Fördermenge gegen den im Kontaktkörper 2 bestehenden Gasdruck anzufördern. Die Förderleistung der Pumpe wird hierbei noch durch die Saugwirkung der Kapillaren des Kontaktkörpers unterstützt, wobei wiederum die Blasenbildung der niedrig siedenden Fraktion aufgrund der scharfkantigen Porenstruktur im Kontaktkörper sehr schnell erfolgt und damit der höher siedende Anteil aus dem Kontaktkörper unter Blasenbildung herausgepreßt wird, so daß wiederum der entstehende Nebel auf der Nebelaustrittsfläche 5 abgenommen werden kann.

In Fig. 5 ist ein gegenüber dem vorstehend beschriebenen Verfahren abgewandeltes Verfahren dargestellt. Während bei den vorstehend beschriebenen Verfahren die zu vernebelnde Flüssigkeit in einer solchen Menge zugeführt wird, daß das Porenvolumen des Kontaktkörpers 2, abgesehen von den sich bildenden Dampfblasen, vollständig gefüllt ist und die Vernebelung durch die platzenden Blasen an der Nebelaustrittsfläche erfolgt, wird bei dem Verfahren gem. Fig. 5 über ein Gebläse 4 ein Gas, beispielsweise Luft, unter Druck in einen Druckraum 1 eingeführt, dessen Austrittsöffnung wiederum durch einen Kontaktkörper 2, vorzugsweise aus einem Sintermaterial verschlossen ist. Das Druckgas kann hierbei zusätzlich noch aufgeheizt sein, wie dies durch den Wärmetauscher 12 angedeutet ist.

Die zu vernebelnde Flüssigkeit wird nun über eine Förderpumpe 3 so auf den Kontaktkörper 2 aufgegeben, daß die innere Porenoberfläche des Kontaktkörpers 2 nur benetzt wird. Dieser Flüssigkeitsfilm wird nun von dem durch die Kapillaren des Kontaktkörpers 2 strömenden Treibgas mitgerissen, wobei sich bei der Verwendung von Sintermaterial jeweils an den scharfkantigen Vorsprüngen und Umlenkungen der Kapillaren im Kontaktkörper 2 kleine Tropfen ablösen, die in ihrer Größe jedoch nie größer werden können, als die Kapillaren selbst, die dann an der Nebelaustrittsfläche 5 ausgeblasen werden.

Größere Tropfen bilden wieder im Bereich der Porenöffnungen an der Nebelaustrittsfläche 5 Blasen, so daß auch bei einem Zusammenlaufen des Flüssigkeitsfilms eine einwandfreie Vernebelung gegeben ist. Wird das Druckgas aufgeheizt durch

den Kontaktkörper 2 geführt, so tritt zu der rein mechanischen Zerteilung des Flüssigkeitsfilms noch eine Teil-Verdampfung, so daß auf der Nebelaustrittsseite je nach Temperaturlage statt eines rein mechanisch erzeugten Nebels ein Nebel mit überproportionalem Dampfanteil austritt.

Bei allen vorstehend dargestellten schematischen Ausführungsbeispielen ist der Kontaktkörper rein schematisch unverhältnismäßig großvolumig dargestellt. In einer praktischen Ausführungsform (Fig. 7) kann jedoch dieser Kontaktkörper auch durch eine Trägerplatte 22 gebildet werden, die mit einer Vielzahl von axialen Bohrungen 23 versehen ist und auf die lediglich auf der Austrittsseite eine entsprechend dimensionierte Platte 24 aus einem Sintermaterial aufgesetzt ist. So ist es insbesondere für beheizte Kontaktkörper möglich, diese Trägerplatte aus einem Material mit guter Wärmeleitfähigkeit herzustellen, so daß die für die Vernebelung besonders vorteilhafte Porengeometrie nur durch eine verhältnismäßig dünne Sinterplatte, die am Ende des mit Bohrungen versehenen Trägerkörpers angeordnet ist, bewirkt wird. Damit besitzen dann die Bohrungen am Ende der Trägerplatte eine regellose Öffnungsgeometrie, d.h. eine Vielzahl von Durchtrittsöffnungen deren Austrittswinkel von der Achse der Bohrungen im Trägerkörper abweichen. Auch in der Kontur der Öffnungen ergeben sich dann entsprechend regellose Abweichungen und es sind die für die Blasenbildung im Kontaktkörper und auf der Nebelaustrittsfläche erwünschten scharfen Kanten ebenfalls vorhanden. Da eine derartige Sinterplatte eine genügende Eigenfestigkeit aufweist, ist es nicht erforderlich, die Sinterplatte fest mit dem Trägerkörper zu verbinden, so daß Relativverschiebungen zwischen Sinterplatte und Trägerkörper aufgrund unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten der verwendeten Materialien ohne Einfluß bleiben.

Anhand von Fig. 6 wird ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung in Form eines Heizölbrenners dargestellt. Die Vorrichtung besteht im wesentlichen aus einer Mischkammer 13, in die eine Zuleitung 14 für die Einführung von Trägerluft. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Mischkammer 13 zylindrisch ausgebildet. In den Innenraum der Mischkammer 13 ragt axial eine stabförmig ausgebildete Heizpatrone 15 hinein, auf die als Träger- und Wärmeübertragungskörper eine Zwischenhülse 16 aus Messing aufgeschoben ist. Auf die Zwischenhülse 16 ist ein rohrförmiger Kontaktkörper 2 aus einem offenporigen Sintermaterial aufgeschoben.

Im oberen Bereich der Mischkammer 13 mündet eine Heizölzuleitung 17 ein, deren Mündung bis an den Kontaktkörper 2 herangeführt ist, so daß unter Ausnutzung der Kapillarwirkung das über eine nicht näher dargestellte Pumpe zugeführte



Heizöl vom Kontaktkörper 2 aufgenommen wird. Im oberen Bereich der Mischkammer 13 ist ein Auslaßkanal 18 vorgesehen, durch den mit Hilfe der über die Zuleitung 14 zugeführten Trägerluft der von der äußeren Oberfläche des Kontaktkörpers 2 abgenommene Heizölnebel aus der Mischkammer abgezogen wird. Der Vorgang der Heizölvernebelung erfolgt nach dem anhand von Fig. 4 beschriebenen Verfahren, so daß hinsichtlich der Funktionsweise der vorstehend beschriebenen Vorrichtung hierauf verwiesen werden kann.

Der Abzugskanal 18 steht mit einem Brennerkopf 19 in Verbindung, der bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel durch einen als Flammenhalter 20 dienenden Formkörper aus einem offenporigen Sinterwerkstoff gebildet wird. Der über den Abzugskanal 18 aus der Mischkammer 13 abgezogene Heizölnebel, dessen Trägerluftmenge noch unterstöchiometrisch vorgegeben ist, wird nun nach Zumischung von Zweitluft über einen Zuleitungskanal 21 im Abzugskanal 18 auf der Innenseite des Flammenhalters mit dem durch Trägerluft und Sekundärluft vorgegebenen Druck aufgegeben, so daß das nunmehr stöchiometrisch oder überstöchiometrisch eingestellte Heizölnebel-Luft-Gemisch durch die Porenkanäle des Formkörpers hindurchtritt. Nach dem Zünden des Gemisches heizt sich nach ganz kurzer Brennzeit der Flammenhalter 20 seinerseits auf, so daß der Verbrennungsvorgang, d.h. hier also die Oxidationsreaktion zwischen dem Heizölnebel und dem Sauerstoff der Luft bereits innerhalb des Flammenhalters 20 einsetzt, so daß sich auf der Außenseite des Flammenhalters praktisch eine flammenlose Verbrennung ergibt. Die Heizwirkung erfolgt hierbei wie üblich in erster Linie über den Wärmeaustausch der aufzuheizenden Fläche mit den abströmenden heißen Verbrennungsgasen. Der Flammenhalter selbst gibt Wärme durch Strahlung an die umschließenden Brennraumwände ab. Dies bietet dementsprechend die Möglichkeit, über die Formgebung von Flammenhalter und Brennraum auch die vorhandene Strahlungswärme noch optimal abzunehmen. Ein derartiger Brennerkopf in Verbindung mit der Gemischauflbereitung bietet somit auch für die Verbrennung von Heizöl alle möglichen Feuerungen, wie sie bisher nur bei der Verbrennung von Gas mit sogenannten Vormischflammen möglich war.

Bei der thermischen Vernebelung von Heizöl darf die maximale Temperatur  $250^{\circ}\text{C}$  nicht überschreiten, da bei höheren Temperaturen die Gefahr der Ablagerung von Siederesten des Verdampfungsprozesses besteht. Der Kontaktkörper 2 weist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel einen mittleren Porendurchmesser von  $40\text{ }\mu\text{m}$  auf. Der ebenfalls aus einem Sintermaterial hergestellte Flammenhalter des Ausführungsbeispiels ist dagegen so ausgelegt, daß er einen mittleren Poren-

durchmesser von  $100\text{ }\mu\text{m}$  besitzt. Bei einer Porosität von etwa 50% Hohlraumanteil des gesamten Flammenhaltermolumens ergibt sich für den Brennerkopf lediglich ein Druckabfall von etwa 20 mm Wassersäule. Bei Drücken in dieser Größenordnung kann die Verbrennungsluftförderung mit üblichen Brennergebläsen erfolgen.

Im orientierenden Versuch zur Ideenprüfung ergab sich mit einer Vorrichtung gem. Fig. 6, daß für die Vernebelung von  $0,1\text{ kg/h}$  Heizöl nur eine elektrische Brutto-Leistung von 19 Watt notwendig war. Zur vollständigen Verdampfung dieser Ölmenge wären dagegen netto 34 Watt erforderlich.

Die Verbrennung erfolgte geräuschlos und gleichmäßig über die gesamte Flammenhalterfläche. Die Flamme brennt beim Start selbst bei einer Luftzahl  $n = 0,8$  blau, vergleichbar einer Gasflamme. Die maximale thermische Flächenbelastung des Flammenhalters lag bei etwa  $78\text{ W/cm}^2$ , wobei der Flammenhalter glühte (ca.  $700$  bis  $750^{\circ}\text{C}$ ).

Bei der in Fig. 8 dargestellten Ausführungsform wird eine Sprüh-Vernebelung mit der vorbeschriebenen Verdampfungs-Vernebelung kombiniert. Hier ist eine Mischkammer 25 vorgesehen, die beispielsweise einen Kreisquerschnitt aufweist. In die Mischkammer 25 mündet eine Zerstäuberdüse 26 für die Flüssigkeit, beispielsweise Heizöl, ein, die über eine Rohrleitung 27 mit einer Förderpumpe 28 in Verbindung steht. Gleichachsig zur Zerstäuberdüse 26 münden in die Mischkammer 25 zwei Zuleitungen 29 für die Einleitung eines Trägergases, beispielsweise Luft, ein, das in der Mischkammer in Gleichstrom zum Sprühstrahl 30 geführt wird.

Das über den Sprühstrahl 30 in den Trägergas-Teilstrom eingebrachte Tropfenkollektiv wird nun umgelenkt. Dies kann, wie in Fig. 8 schematisch angedeutet dadurch erfolgen, daß das Trägergas-Tropfen-Gemisch in einen Trägergas-Hauptstrom 31 unter einem Winkel aufgegeben wird oder aber dadurch, daß die gleichachsig zum Sprühstrahl 30 eingeführte gesamte Trägergasmenge durch eine entsprechende Abwinkelung des Strömungskanals umgelenkt wird. Dies ist in Fig. 8 durch die gestrichelt dargestellte Verlängerung 33 der Seitenwand 32 der Mischkammer 25 angedeutet. Der Umlenkbereich bildet die Umlenkammer 46 mit Auslaß 45.

Die der Zerstäuberdüse 26 unmittelbar gegenüberliegende Wandung 34 bildet hierbei eine Umlenkfläche. Infolge der durch die Umlenkung auf die größeren Tropfen einwirkenden Zentrifugalkräfte, unterstützt durch die in etwa in gleicher Richtung verlaufenden Massenkkräfte, werden die großen Tropfen auf die Umlenkfläche 34 ausgeschleudert (Pfeil 35), so daß nur die feinsten Tropfenanteile im Umlenkungsbereich von der Trägergasströmung als Nebel mitgenommen werden.

Die auf die Umlenkfläche 34 auftreffenden großen Tropfen fließen zu einer Rücklaufflüssigkeit zusammen und können als Rücklaufflüssigkeit über einen Abzug 37 aus der Vorrichtung abgezogen werden. Ein druckabhängig steuerbares Auslaßventil, das über eine in der Zulaufleitung 27 liegende Drucksteuereinrichtung 39 angesteuert wird, ist sichergestellt, daß der für die Rücklaufflüssigkeit zur Verfügung stehende Ablaufquerschnitt immer proportional zur aufgegebenen Flüssigkeitsmenge steht.

Wird die Flüssigkeit in einen aufgeheizten Trägergasstrom zerstäubt, so wird zweckmäßigerweise die in der Rücklaufflüssigkeit enthaltene Wärmeenergie über einen Wärmetauscher 40 zurückgewonnen, der mit der Zulaufleitung 27 verbunden ist.

Zur Verbesserung der Venebelungsleistung ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel der die Umlenkfläche 34 bildende Wandteil 41 beispielsweise elektrisch beheizbar ausgebildet, was durch die Heizstäbe 42 schematisch angedeutet ist. Die auf der Umlenkfläche zu einem Flüssigkeitsfilm zusammenlaufenden Flüssigkeitstropfen werden nun bei Aufheizung des Wandteils 41 auf die Siedetemperatur der Flüssigkeit zumindest zum Teil verdampft, so daß der sich bildende Dampf (Pfeil 43) vom Trägergasstrom mitgenommen wird. Der Aufwand an Wärmeenergie ist verhältnismäßig gering, da nur eine dünne Flüssigkeitsschicht zu verdampfen ist. Wichtig ist hierbei, daß die als beheizbare Kontaktfläche dienende Umlenkfläche 34 in ausreichender Länge über den Aufprallbereich 44 der großen Tropfen hinausreicht, so daß eine ungestörte Dampfbildung erreicht wird.

Der die Kontaktfläche bildende Wandteil 41 kann zur Verbesserung der Verdampfungsleistung auch als offenporiger Kontaktkörper ausgebildet sein, so daß durch die Kapillarwirkung die auftreffenden Tropfen aufgesogen werden, innerhalb des Kontaktkörpers wieder eine sehr schnelle Verdampfung stattfindet, wobei der sich bildende Dampf einen Teil der Flüssigkeit unverdampft an die Oberfläche wieder herastreibt und hierbei Blasen bildet. Die Blasen zerplatzen, wobei ein Teil der Blasenhaut in Form feinsten Tropfen vom Trägergasstrom zusammen mit dem Dampfanteil mitgerissen wird. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn, wie beim Einsatz von Heizöl, die zu vernebelnde Flüssigkeit aus einem Gemisch von Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Siedepunkten gebildet wird. Der niedrigsiedende Flüssigkeitsanteil verdampft und treibt hierbei den höhersiedenden Flüssigkeitsanteil in Form feinsten Tröpfchen, die aus zerplatzenden Blasen entstehen, in den Trägergasstrom aus.

Fig. 9 zeigt eine andere Ausführungsform, wie sie insbesondere als Heizölbrenner eingesetzt werden kann. Bei dieser Ausführungsform wird das Hei-

zöl über eine Zulaufleitung 27 unter Druck einer Zerstäuberdüse 26 aufgegeben, deren Sprühstrahl 30 axial in eine rohrförmige Mischkammer 25 eingeleitet wird. Koaxial zur Düse 26 wird Verbrennungsluft über den Einlaß 29 in die Mischkammer 25 eingeführt. Die Mischkammer 25 wird durch ein Rohr 47 aus einem gut wärmeleitenden Material gebildet, dessen Wandung an seinem der Zerstäuberdüse 26 zugekehrten Ende mit einer Heizeinrichtung 42 versehen ist. Mit Abstand zur Mündung der Zerstäuberdüse 26 ist im Rohrrinnern eine Umlenkplatte 48 angeordnet, durch die der mit Heizöltröpfchen beladene Trägergasstrom eine Umlenkung gegen die Innenwandung des Rohres 47 erfährt, so daß größere Tropfen gegen die Wandung ausgeschleudert werden, bzw. auf die Umlenkfläche 48 auftreffende Tropfen zu größeren Tropfen zusammenlaufen und bei vorzugsweise horizontaler Anordnung der Vorrichtung auf der Sohle des Rohres 47 sammeln.

Bei Aufnahme des Betriebes wird zunächst über die Heizeinrichtung 42 die Wandung im vorderen Teil der Mischkammer 25 aufgeheizt, so daß der auf die Wandung auftreffende Teil der Flüssigkeitstropfen verdampft wird und von der Verbrennungsluft zusammen mit den feinsten Tropfen als Öl-Dampf-Luft-Gemisch über das Rohr 47 geführt wird. Die Mündung 49 des Rohres 47 ist hierbei in nicht näher dargestellter Weise mit einem Flammenhalter versehen, so daß das Rohrende zugleich den Brenner bildet. Schon nach kurzer Betriebszeit heizt sich das Rohr 47 auf, so daß über die Wärmeleitung des Rohrmaterials auch der den Heizöleintrittsbereich der Mischkammer 25 umschließende Teil der Rohrwandung hoch aufgeheizt wird und dementsprechend die Heizeinrichtung 42 abgeschaltet werden kann. Aufgrund der Aufheizung des Rohres verdampfen zugleich auch noch etwa vom Strom der Verbrennungsluft mitgerissene größere, an der Umlenkfläche 48 abgeschiedene Tropfen, so daß aus der Mündung 49 der Heizölanteil praktisch nur noch als Dampf vom Strom mitgeführt wird, so daß der Brenner praktisch wie ein Gasbrenner betrieben werden kann. Auch bei dieser Ausführungsform ist der mit der Heizeinrichtung versehene vordere Wandungsteil der Mischkammer 25 als offenporiger Kontaktkörper ausgebildet, so daß die vorbeschriebene Flüssigkeitsvernebelung durch Verdampfung und Blasenbildung stattfindet. Nach dem Abschalten der Heizeinrichtung 42 heizt das Rohr 47 den als offenporigen Kontaktkörper ausgebildeten Wandteil durch Wärmeleitung soweit auf, daß die beschriebene verdampfung von niedrigsiedenden Anteilen der Flüssigkeit erfolgt.

Die anhand von Fig. 6 als Heizölbrenner verwendbare Vorrichtung kann auch noch dahingehend ergänzt werden, daß der als Brennerkopf 19 ausgebildete offenporige Formkörper aus Sinter-

metall wenigstens teilweise Materialien aufweist, die auf das zu verbrennende Heizöl katalytisch wirken. Diese Materialien können in der Pulverzusammensetzung des Ausgangsmaterials enthalten sein und/oder durch Aufdampfen aufgebracht werden. Zu diesen katalytisch wirkenden Materialien gehört beispielsweise Nickel. Derartige katalytisch wirkende Stoffe sind grundsätzlich bekannt, bisher jedoch in dieser Verwendungsform nicht eingesetzt worden. Die Wirkung beruht darauf, daß die Verbrennungs- bzw. Reaktionstemperatur zwischen dem Luftsauerstoff und dem Heizöl abgesenkt wird. Dies hat zwar den Nachteil, daß das für Heizzwecke zur Verfügung stehende Temperaturgefälle geringer ist als bei einer normalen Verbrennung. Der Vorteile besteht aber darin, daß gerade in Heizölen organisch gebundene Stickstoffanteile enthalten sind, die sich schon bei den normalen Brenntemperaturen einer Heizölflamme mit dem Luftsauerstoff der Verbrennungsluft zur Stickoxiden verbinden können. Durch die katalytisch bewirkte Absenkung der Brenntemperatur wird die Stickoxidbildung aus den organisch gebundenen Stickstoffanteilen im Heizöl reduziert, so daß dem Nachteil des zur Verfügung stehenden geringeren Temperaturniveaus der Vorteil einer günstigeren Abgaszusammensetzung gegenübersteht.

### Ansprüche

1. Verfahren zum Vernebeln einer Flüssigkeit, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Flüssigkeit auf einen offenporigen Kontaktkörper aufgegeben, mittels eines Gases unter Druck durch die Porenkanäle getrieben und der erzeugte Nebel von der Oberfläche des Kontaktkörpers abgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit vorzugsweise im Bereich des Kontaktkörpers auf ihre Siedetemperatur aufgeheizt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufheizung der Flüssigkeit über den Kontaktkörper selbst erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit unter Druck auf den Kontaktkörper aufgegeben wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit als Flüssigkeitsgemisch aus wenigstens zwei Flüssigkeitsfraktionen mit unterschiedlichen Siedepunkten auf den Kontaktkörper aufgegeben wird und daß das Druckgas durch Erhitzen der Flüssigkeit auf wenigstens die Siedetemperatur der niedrigst siedenden Flüssigkeitsfraktion erzeugt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit zu-

sammen mit einem zusätzlichen Druckgas auf den Kontaktkörper aufgegeben wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit auf den vom zusätzlichen Druckgas durchströmten Kontaktkörper in einer solchen Menge dosiert aufgegeben wird, daß die Porenoberfläche im Kontaktkörper im wesentlichen nur benetzt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß das zusätzliche Druckgas vor der Einleitung in den Kontaktkörper aufgeheizt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die zu vernebelnde Flüssigkeit in einem Trägergasstrom als Tropfenkollektiv zerstäubt wird, daß aus dem Tropfenkollektiv durch Umlenkung des Trägergasstromes die eine vorgegebene maximale Tropfengröße überschreitenden Tropfen auf einen beheizten Kontaktkörper ausgebracht und in den Trägergasstrom verdampft werden.

10. Vorrichtung zum Vernebeln einer Flüssigkeit mit einer Zufuhrleitung für die zu vernebelnde Flüssigkeitsmenge, die mit einem Vernebelungskörper verbunden ist, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Vernebelungskörper als offenporiger Kontaktkörper ausgebildet ist, der mit der Zufuhr (3; 17) für die Flüssigkeit und mit Mitteln zur Erzeugung eines Druckgases (4; 8) in Verbindung steht.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die austrittsseitige Porenoberfläche des Kontaktkörpers (Nebelaustrittsfläche 5) wenigstens zum Teil mit scharfkantigen Vorsprüngen versehen ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest im Bereich der Nebelaustrittsfläche (4) des Kontaktkörpers (2) die Porenöffnungen eine regellose Öffnungsgeometrie aufweisen.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Kontaktkörper (2) eine Porosität aufweist, die einem Hohlraumvolumen zwischen etwa 30 bis 80%, vorzugsweise 40 bis 60% des Kontaktkörpervolumens entspricht.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Hohlraumvolumen etwa 45 bis 55% des Kontaktkörpervolumens entspricht.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der mittlere Porendurchmesser im Kontaktkörper zwischen etwa 20 bis 150 µm, vorzugsweise zwischen 40 und 100 µm liegt.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Kontaktkörper (2) aus einem offenporig gesinterten Formkörper

per besteht.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Kontaktkörper (2) mit einer Heizeinrichtung (8) verbunden ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizeinrichtung (8) auf einer der Nebelaustrittsfläche (5) abgekehrten Fläche des Kontaktkörpers (2) angeordnet ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Kontaktkörper (2) von einer Mischkammer (13) umschlossen ist, die eine Eintrittsöffnung (14) für ein Trägergas und eine Austrittsöffnung (18) für die Abfuhr des mit dem erzeugten Nebel vermischten Trägergases aufweist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Zufuhrleitung (17) für die Flüssigkeit im oberen Bereich an dem Kontaktkörper (2) ausmündet und daß im unteren Bereich des Kontaktkörpers (2) ein mit einer Abzugsleitung versehener Flüssigkeitsüberschusssammler (6) vorgesehen ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Kontaktkörper (2) als Kanalkörper ausgebildet ist, der mit seinem mit der Flüssigkeitszufuhr o in Verbindung stehenden Ende die Austrittsöffnung einer Druckkammer (1) bildet.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß in die Druckkammer (1) eine Zuleitung für ein Druckgas einmündet.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 22, insbesondere zur Vernebelung von Heizöl zu Verbrennungszwecken, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mischkammer (25) mit einer Zerstäuberdüse (26) für die zu vernebelnde Flüssigkeit und mit einem Einlaß (29) für wenigstens einen Teil des Trägergases vorgesehen ist, daß mit Abstand zur Düsenmündung ein mit der Heizeinrichtung (42) verbundener Kontaktkörper (41) zugeordnet ist und daß eine Umlenkung (24) und nachfolgend ein Auslaß (45) für den mit dem Flüssigkeitsnebel beladenen Trägergasstrom vorgesehen ist.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 23, insbesondere zur Vernebelung von Heizöl zu Verbrennungszwecken, dadurch gekennzeichnet, daß der Kontaktkörper (2) vorzugsweise rohrförmig ausgebildet und vorzugsweise vertikal ausgerichtet in der Mischkammer (13) angeordnet und mit einer Heizeinrichtung (15) verbunden ist und die Flüssigkeitsaufgabe im Bereich eines Endes des Kontaktkörpers (2) angeordnet ist.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die als Zerstäuberdüse (26) Flüssigkeitsaufgabe mit ihrer Mündung koaxial und mit Abstand an einem Ende des rohrförmigen Kontaktkörpers (41) angeordnet ist.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß an dem der Flüssigkeitsaufgabe abgekehrten Ende des rohrförmigen Kontaktkörpers (41) die Umlenkung (48) für den mit dem Flüssigkeitsnebel beladenen Trägergasstrom angeordnet ist.

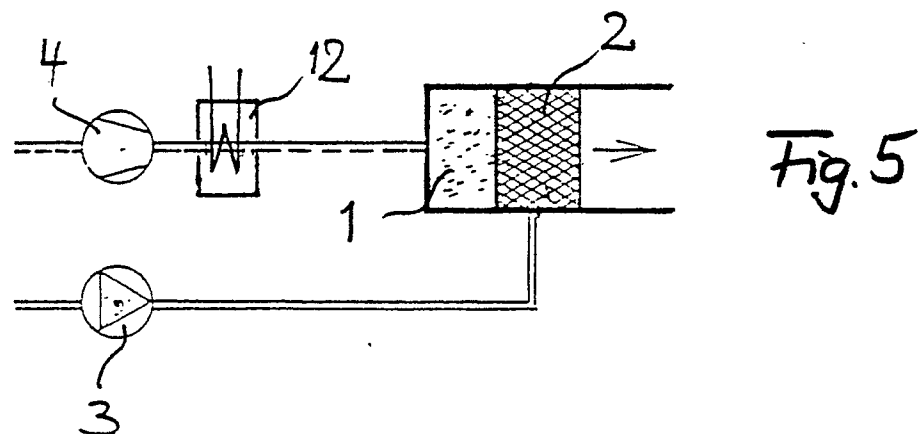
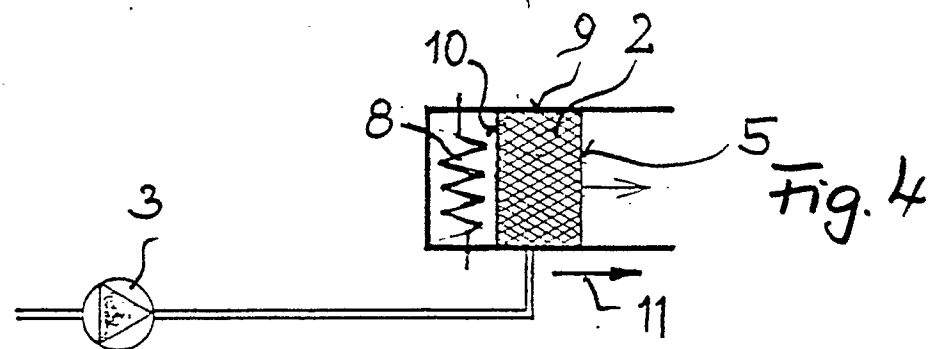
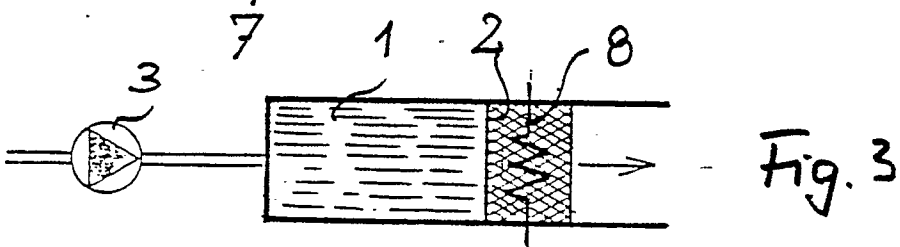
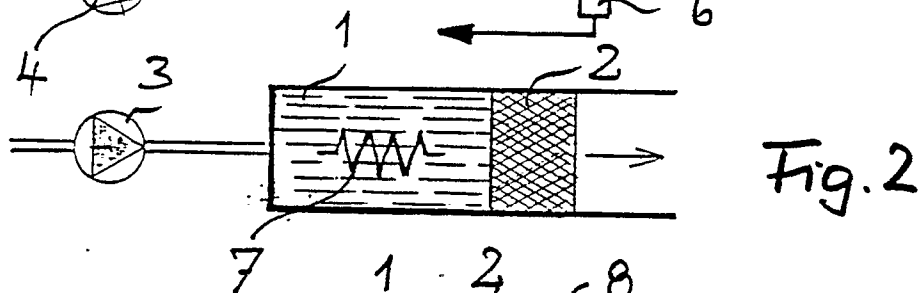
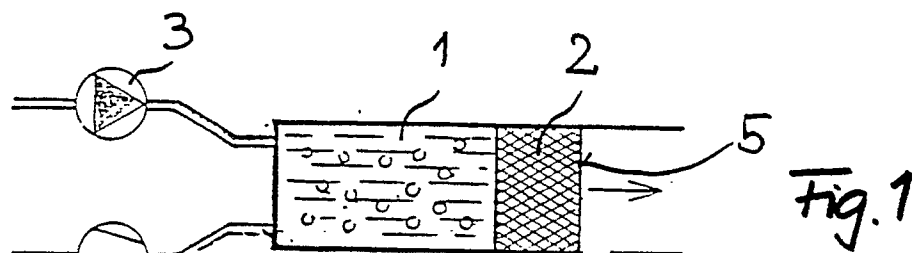
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß in der Mischkammer (25) auf der der Düse (26) gegenüberliegenden Wandung ein mit einer Heizeinrichtung (42) versehener Kontaktkörper (41) angeordnet ist.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 27, zur Verwendung als Heizölbrenner, dadurch gekennzeichnet, daß der Auslaß (45) für den erzeugten Heizölnebel und/oder eines Nebel/Luftgemisches mit einer Abzugsleitung (14) in Verbindung steht und daß das im Brennraum befindliche Ende der Abzugsleitung (18) als Brennerkopf (19) ausgebildet ist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennerkopf als Flammenhalter (20) ausgebildet ist und aus einem Formkörper aus einem offenporigen Sintermaterial besteht.

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß in die Abzugsleitung (18) eine Zuleitung (21) für die regelbare Zufuhr von Verbrennungsluft einmündet.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß der als Brennerkopf (19) ausgebildete Formkörper aus Sintermetall wenigstens teilweise auf das zu verbrennende Heizöl katalytisch wirkende Materialien aufweist.



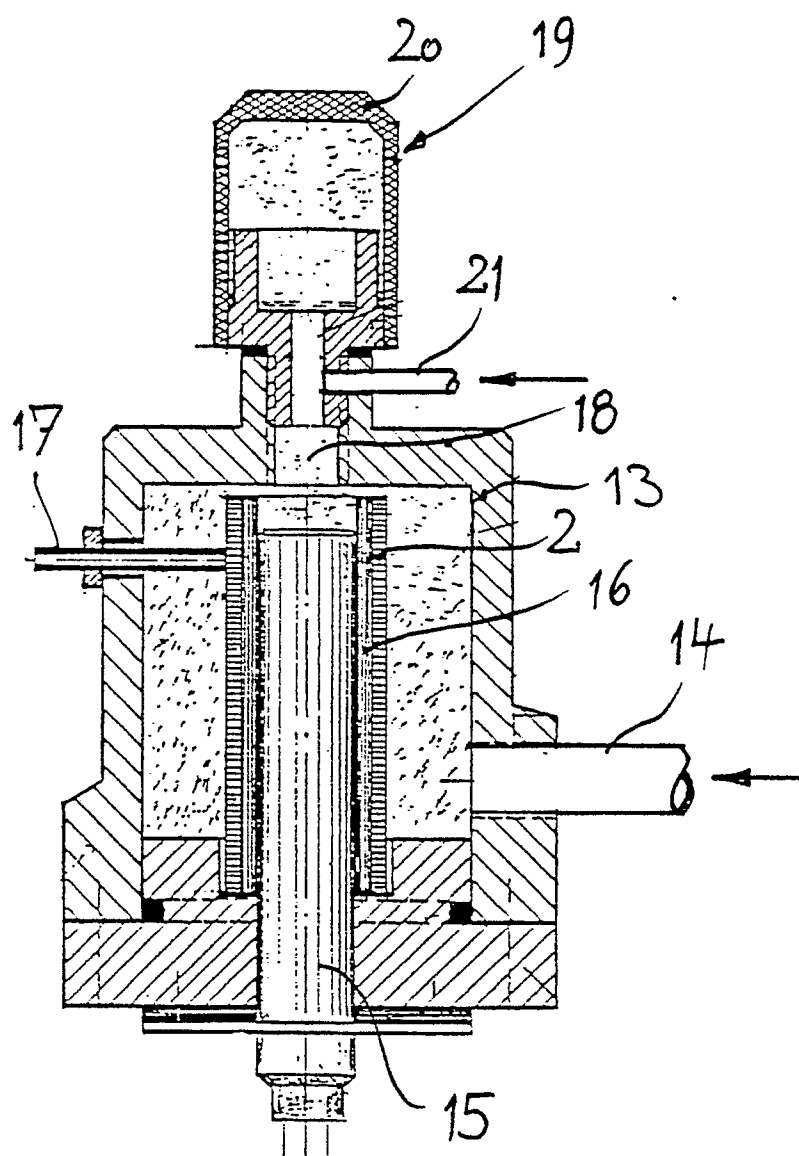
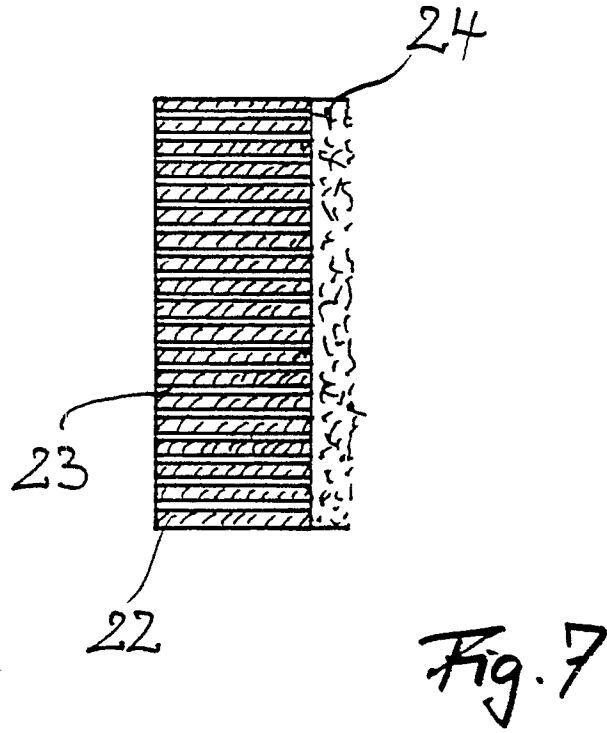
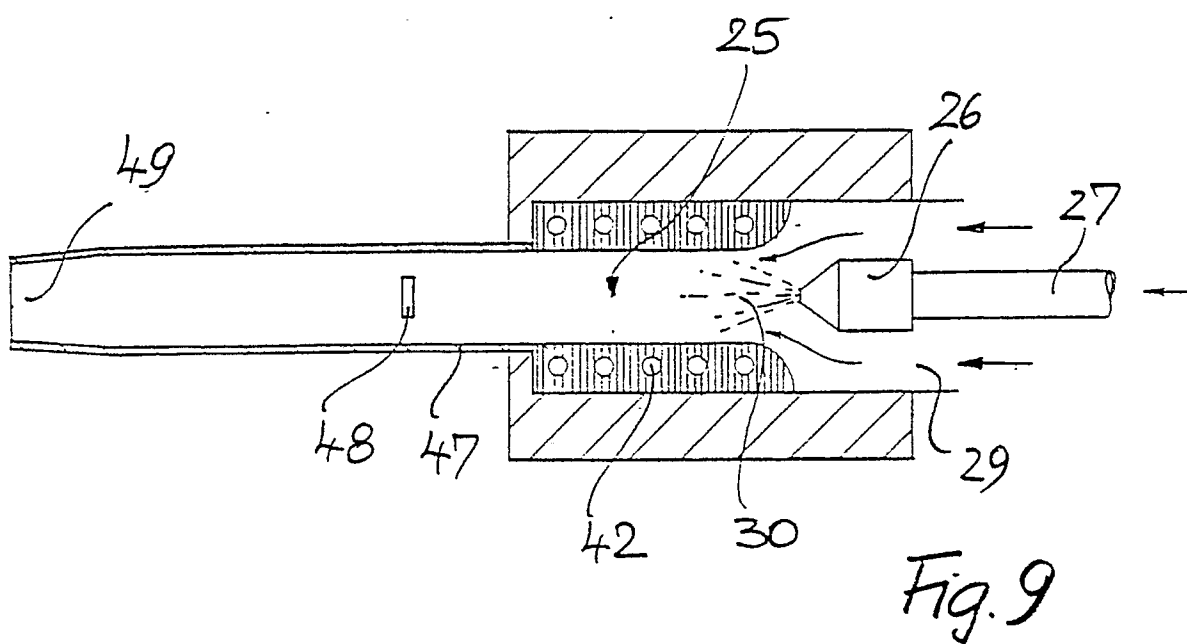
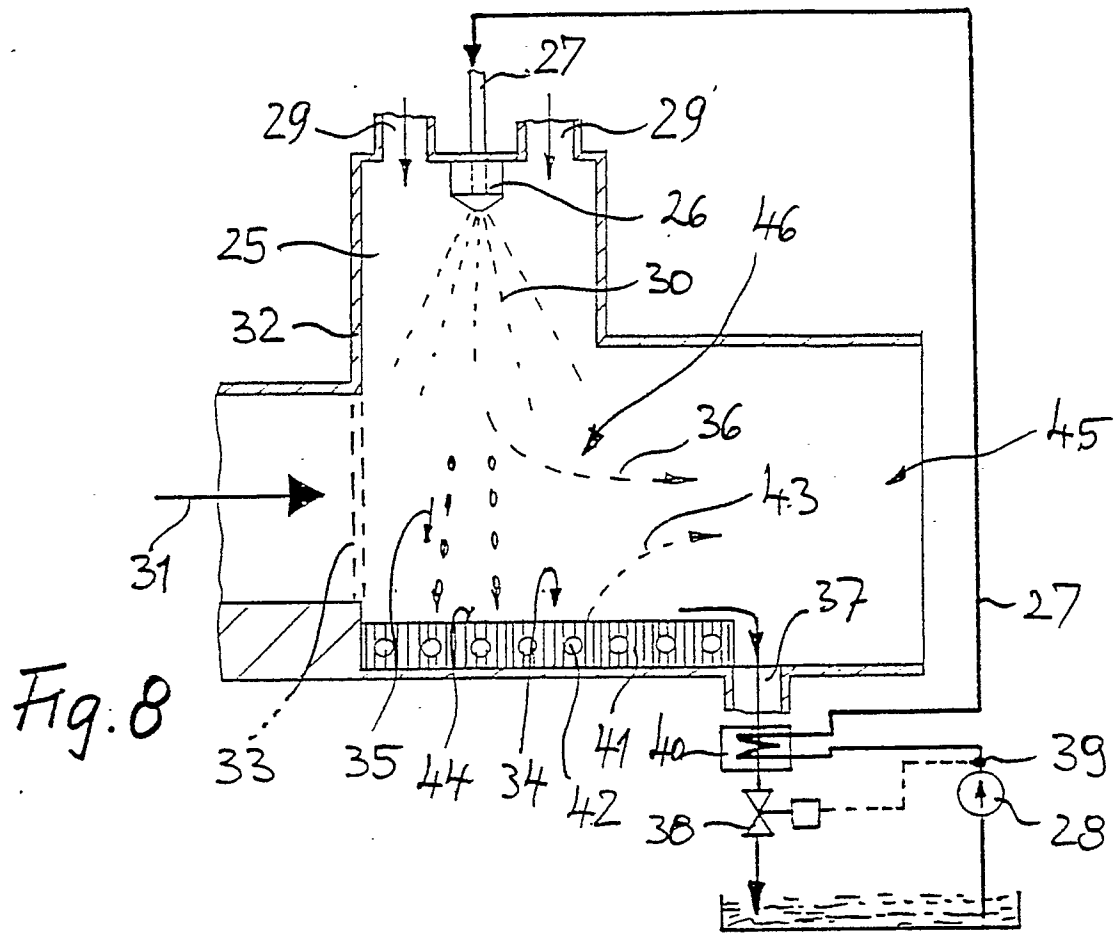


Fig. 6









Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 11 2203

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X  A	US-A-2 599 422 (YETTAW) * Figur 1; Spalte 2, Zeile 3 - Spalte 3, Zeile 23; Spalte 5, Zeile 50 - Spalte 6, Zeile 2 *	1,4,6,7 ,10,12, 19,22  8,9,11, 13-18, 20,21, 23-31	F 23 K 5/22 F 23 D 11/30 B 05 B 7/16 B 05 B 17/04
X  A	US-A-3 336 734 (SCHULTZ) * Spalte 2, Zeilen 30-35,56-66; Spalte 3, Zeilen 3-5,15-21,38-49; Spalte 5, Zeile 56 - Spalte 6, Zeile 2 *	1  2-6,9, 10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F 23 K F 23 D B 05 B B 01 F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG		24-09-1990	GUASTAVINO L.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument I : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	