

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Zerstäuberdüse für Inhalationszwecke, mit der ein pulverförmiges oder flüssiges Zerstäubungsgut, vorzugsweise in Form von Lösung oder Suspension zerstäubt wird.

An Zerstäuberdüsen für die Erzeugung eines Aerosols für therapeutische Zwecke werden erhöhte Anforderungen gestellt. Von besonderer Bedeutung ist die therapeutische Qualität des Aerosols; danach ist ein Aerosol zu erzeugen, das einen möglichst großen Anteil lungengängiger Partikel ($\varnothing < 8 \mu\text{m}$) enthält. Daneben muß die Zerstäuberdüse einfach und rückstandsfrei gereinigt werden können, was dazu führt, daß die Zerstäuberdüse auch ohne große Schwierigkeiten zerlegbar sein muß. Trotz zahlreicher unterschiedlicher Bauformen treten zwei Gruppen von Zerstäuberdüsen auf, die nach unterschiedlichen Prinzipien arbeiten.

Eine erste Gruppe von Zerstäuberdüsen arbeitet nach dem Venturi-Prinzip. Eine Düse dieser Art ist beispielsweise bekannt aus DE 32 38 149 A1. Durch einen zentralen Druckgaskanal wird Druckluft zugeführt, die in einer Mündungsebene aus einer Öffnung des zentralen Kanals austritt. Neben dem Druckgaskanal sind zumeist mehrere Ansaugkanäle vorgesehen, die von der Mündungsebene bis in einen Behälter für das Zerstäubungsgut reichen. Das Zerstäubungsgut wird von dem austretenden Druckgas durch die Ansaugkanäle angesaugt und tritt aus Öffnungen der Ansaugkanäle in der Mündungsebene aus. Die Öffnungen des Druckgaskanals und der Ansaugkanäle sind benachbart angeordnet, so daß sich Druckgas und Zerstäubungsgut intensiv vermischen und die auftretenden Verwirbelungen für eine Zerstäubung sorgen. Mit Zerstäuberdüsen dieser Bauart werden Aerosole erzeugt, deren Primärverteilung Aerosolpartikel mit einem Durchmesser von bis zu $40 \mu\text{m}$ enthält. Aus diesem Grund ist neben der selbständig ablaufenden Abtrocknung des Aerosols, die durch eine ausreichend große Luftmenge sichergestellt wird, eine Nachbehandlung des Aerosols erforderlich; dazu zählt beispielsweise das Abscheiden zu großer Partikel aus dem Aerosol durch konstruktive Maßnahmen. Das abgeschiedene Zerstäubungsgut wird in den Behälter zurückgeführt und kann erneut zerstäubt werden. In einigen Fällen ist die Zirkulation des Zerstäubungsgutes unproblematisch. Zahlreiche Medikamente eignen sich aber für diese Art der Zerstäubung nicht oder nur schlecht, da mit einer Beeinträchtigung der Wirksamkeit des Medikaments gerechnet werden muß. Ferner muß eine vergleichsweise große Menge des Zerstäubungsguts bereitgestellt werden, um das Ansaugen des Zerstäubungsguts durch die Ansaugkanäle zu ermöglichen. Darüberhinaus verbleiben zu große Restmengen im Zerstäuber, da das Zerstäubungsgut konstruktionsbedingt nie ganz vollständig ver-

braucht werden kann. Hinzu kommt noch die durch die Lösemittelverdampfung bedingte Aufkonzentrierung des Medikaments, verbunden mit einer Änderung der physikalischen Eigenschaften der Lösung, sowie der dadurch direkt oder indirekt bedingte negative Einfluß auf die Medikamentenausbringung. Einige sehr teure Medikamente werden aus diesen Gründen nicht im Rahmen einer Inhalationstherapie appliziert, obwohl die Medikamente für diese Art der Applikation durchaus geeignet sind.

Bei einer weiteren Gruppe von Zerstäuberdüsen werden Luft- und Zerstäubungsgut unter Druck, d.h. aktiv zugeführt. Zerstäuberdüsen dieser Art sind beispielsweise aus DE 26 46 251 A1 und DE 28 23 643 A1 bekannt. Der grundsätzliche Aufbau von Zerstäuberdüsen dieser Gruppe ergibt sich ferner aus "Atomization and Sprays" von Arthur H. Lefebvre. Unterschieden werden in diesem Zusammenhang charakteristische Bauformen anhand der Art und des Ortes des sich einstellenden Zerstäubungsvorgangs, und zwar zum einen sogenannte "air-assist"-Düsen mit Mischung innerhalb oder außerhalb des Düsenkörpers und sogenannte "prefilming"-Düsen. Diese Zerstäuberdüsen folgen einem gemeinsamen Konstruktionsprinzip insofern, als um einen zentralen Kanal ringförmige Kanäle konzentrisch angeordnet sind. Dies führt zu einem komplexen Aufbau und teilweise erheblichen Toträumen innerhalb des Düsenkörpers. Die Zerstäuberdüsen sind aus diesem Grund nur bedingt oder nur unter großem Aufwand zu zerlegen. Beispielsweise besteht der Düsenkörper, der aus DE 26 46 251 A1 bekannten Zerstäuberdüse aus sechs Elementen, von denen fünf eine zentrale Öffnung besitzen, auf die bezogen die Elemente so ausgerichtet werden müssen, daß die Öffnungen coaxial angeordnet sind. Die Zerstäuberdüse, bei der es sich um eine "prefilming"-Düse handelt, eignet sich aufgrund der mit der Ausrichtung der Elemente einhergehenden Probleme nicht für wiederholtes Zerlegen und Reinigen. Ferner besitzt diese bekannte Zerstäuberdüse einen erheblichen Totraum, da der den dünnen Flüssigkeitsfilm erzeugende Spaltraum von einem sehr viel größeren ringförmigen Raum allseitig umgeben wird, was auch auf die aus DE 28 23 643 A1 bekannte Düse zutrifft. Dieser Aufbau ist aber erforderlich, um durch den Spaltraum das Zerstäubungsgut so zuzuführen, daß ein dünner Flüssigkeitsfilm allseitig in den zentral geführten Gaststrom eintritt.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Zerstäuberdüse für Inhalationszwecke zu schaffen, mit der ein Aerosol mit einem möglichst großen Anteil lungengängiger Partikel erzeugt werden kann und die dennoch einfach zu handhaben, insbesondere zu zerlegen und zu reinigen, sowie einfach und preiswert zu fertigen (Massenartikel) ist.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Zerstäuberdüse mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels und unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen genauer beschrieben. In den Zeichnungen zeigt:

- Fig. 1 eine perspektivische und eine geschnittene Darstellung des Düsenensatzes einer erfindungsgemäßen Zerstäuberdüse;
- Fig. 2 eine perspektivische und eine geschnittene Darstellung der Düsenaufnahme einer erfindungsgemäßen Zerstäuberdüse;
- Fig. 3 die weiteren Bestandteile eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Zerstäuberdüse;
- Fig. 4 das Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Zerstäuberdüse aus Fig. 3 in zusammengesetztem Zustand; und
- Fig. 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Zerstäuberdüse mit einem tottraumminimierten Zerstäubungsgutanschluß.

Bei dem im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiel besteht die erfindungsgemäße Zerstäuberdüse aus mehreren Teilen, die in Fig. 3 dargestellt sind. Wesentlich ist die Ausgestaltung des Düsenkörpers, der aus zwei Teilen, dem Düsenensatz 1 und der Düsenaufnahme 2 besteht.

In Fig. 1 ist der Düsenensatz dargestellt; Figurenteil A zeigt den Düsenensatz 1 in einer perspektivischen Darstellung, Figurenteil B in einer geschnittenen Darstellung. Die Grundform des Düsenensatzes 1 setzt sich zusammen aus zwei flachen Kreiszyklindern mit unterschiedlichem Durchmesser und einem Kreiskegel, dessen maximaler Durchmesser dem des kleineren Kreiszyklinders entspricht. Der Kreiskegel legt eine Auflagefläche 11 des Düsenensatzes 1 fest. Die beiden Kreiszyklinder und der Kreiskegel sind axial zueinander angeordnet. Der größere Kreiszyklinder ist an zwei gegenüberliegenden Stellen 12 an seinem Umfang abgeflacht, von denen in Fig. 1A nur eine sichtbar ist. Im Düsenensatz 1 ist zentral ein Kanal 13 für das Zerstäubungsgut vorgesehen, der sich in Längsrichtung der Grundform des Düsenensatzes 1 erstreckt, so daß die Austrittsöffnung 14 in der Spitze der Auflagefläche 11 liegt. Die Austrittsöffnung 14 legt den kleinsten Durchmesser d des Kanals 13 und damit seine Austrittsquerschnittsfläche A_z fest; der Kanal 13 besitzt einen stufenweise größer werdenden Durchmesser.

Die Figuren 2A und 2B zeigen die Düsenaufnahme 2 in perspektivischer bzw. geschnittener

Darstellung. Die Grundform der Düsenaufnahme wird gebildet durch zwei flache Kreiszyklinder, die axial zueinander angeordnet sind. Die freie Stirnfläche des größeren Kreiszyklinders besitzt eine zentrische kreiskegelige Vertiefung, die eine Aufnahme­fläche 21 festlegt, die an die Form der Auflagefläche 11 des Düsenensatzes 1 angepaßt ist. In der Aufnahme­fläche 21 sind drei Kanäle 22 für das Druckgas ausgebildet, die radial zur Mitte des flachen Kreiszyklinders verlaufen und dabei der geneigten Aufnahme­fläche 21 der kreiskegeligen Vertiefung folgen. Die Kanäle 22 sind gleichmäßig über den Umfang der Düsenaufnahme 2 verteilt, so daß zwischen ihnen je ein Winkel von 120° vorliegt, und verjüngen sich zur Mitte der Düsenaufnahme hin. Bei den Kanälen 22 für das Druckgas handelt es sich um Nuten in der Aufnahme­fläche 21 mit rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt und mit einer minimalen Querschnittsfläche A_D am Mündungsende.

Die Kanäle 22 für das Druckgas enden in einer zylindrischen Mischkammer 23, die koaxial zu den flachen Kreiszyklindern der Düsenaufnahme 2 verläuft. Auf der der Vertiefung gegenüberliegenden Seite öffnet sich der Mündungsraum 23 in einen kreiskegeligen Austrittstrichter 24.

In Fig. 3 sind neben dem Düsenensatz 1 und der Düsenaufnahme 2 weitere Teile des Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Zerstäuberdüse dargestellt. Ein zylindrisches Gehäuse 3 dient zur Aufnahme des Düsenkörpers, d.h. des Düsenensatzes 1 und der Düsenaufnahme 2 in der in Fig. 3 gezeigten Reihenfolge. Der Innendurchmesser des Gehäuses 3 entspricht dem Durchmesser des jeweils größeren, flachen Kreiszyklinders der beiden den Düsenkörper bildenden Teile 1 und 2, die durch eine vollständig geöffnete Stirnfläche des Gehäuses 3 in dessen Innenraum eingebracht werden können. Die gegenüberliegende Stirnfläche des Gehäuses 3 besitzt lediglich eine Öffnung 31 zur Aufnahme des kleineren, flachen Kreiszyklinders der Düsenaufnahme 2. Innen an der die Öffnung 31 umgebenden Stirnfläche des Gehäuses 3 ist eine Kreisnut 32 zur Aufnahme eines O-Ringes 33 vorgesehen. Ferner ist eine Nut 34 zur Aufnahme eines weiteren O-Ringes 35 an der zur Aufnahme des Düsenkörpers geöffneten Stirnfläche des Gehäuses 3 in der Gehäusewand vorgesehen. An dieser Seite ist am Gehäuse 3 ein Aussengewinde 36 ausgebildet.

Ein Deckel 4 dient einerseits zum Verschließen des Gehäuses 3 und weist andererseits Anschlüsse für die Zuführung des Zerstäubungsguts und des Druckgases auf. Der Deckel 4 besitzt eine zylindrische Grundform mit einer axial angeordneten Bohrung 41 für die Zuführung des Zerstäubungsguts und einer exzentrisch angeordneten Bohrung 42 für die Zuführung von Druckluft. Ein Abschnitt des

Deckels 4 besitzt einen Durchmesser, der ausreichend ist, um im Zusammenwirken mit dem O-Ring 35 den Innenraum des Gehäuses 3 abzudichten. An der dem Düsen einsatz 1 zugewandten Seite des Deckels 4 sind zwei flache Kreiszyylinder mit kleinerem Durchmesser vorgesehen; in der Oberflä-
5 che des kleineren Kreiszyinders ist eine Kreisnut 43 zur Aufnahme eines O-Rings 44 ausgebildet. Der größere der beiden Durchmesser dient zur Führung des Deckels 4 im Gehäuse 3. Durch die drei O-Ringe 33, 35, 44 erfolgt eine vollständige Trennung des Gas- und Flüssigkeitsteils innerhalb der Düse.

Eine Überwurfmutter 5 dient zur Sicherung der in das Gehäuse 3 eingesetzten Teile und weist dazu an einer inneren Umfangsoberfläche ein Gewinde 51 auf. In der gegenüberliegenden Stirnseite ist eine Öffnung 52 vorgesehen, die den Zugang zu den Anschlußbohrungen 41 und 42 im Deckel 4 gewährleistet.

Fig. 4 zeigt das Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Zerstäuberdüse in zusammengesetztem Zustand. Der Düsenkörper, d.h. der Düsen einsatz 1 und die Düsenaufnahme 2 sind im Gehäuse 3 angeordnet. Die kreiskegelige Auflageflä-
10 che 11 des Düsen einsatzes 1 liegt auf der komplementär geformten Aufnahme fläche 21 der Düsenaufnahme 2 auf. Über den Deckel 4, die Überwurfmutter 5 und das Gehäuse 3 werden die beiden den Düsenkörper bildenden Teile gegeneinander verspannt, was einen guten Sitz des Düsen einsatzes in der Düsenaufnahme und eine Ausrichtung der Austrittsöffnung 14 in Bezug auf die Mischkammer 23 gewährleistet. Die als Nuten in der Aufnahme fläche 21 ausgebildeten Kanäle 22 werden an
15 ihrer ursprünglich geöffneten Oberseite durch die Auflage fläche 11 des Düsen einsatzes 1 verschlossen. Die durch die exzentrische Anschlußbohrung 42 im Deckel 4 zugeführte Druckluft gelangt durch den sich an den abgeflachten Stellen 12 des Düsen einsatzes 1 im Gehäuse 3 ergebenden Raum 6 in den Ringraum 7, der sich um den flachen Kreiszyylinder mit kleinerem Durchmesser des Düsen einsatzes 1 herum bildet. Von dort strömt die Druckluft durch die drei Kanäle 22 in die Mischkammer
20 23.

Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Zerstäuberdüse im zusammengesetzten Zustand. Der Aufbau entspricht in vielen Punkten dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel, so daß auf dessen Beschreibung Bezug genommen werden kann. Im folgenden werden die Unterschiede erläutert, durch die sich die beiden Ausführungsbeispiele auszeichnen.

Der Düsen einsatz 1 besitzt bei dem in Fig. 5 gezeigten Ausführungsbeispiel für das Zerstäubungsgut einen Kanal 13 mit einem bis auf einen Abschnitt im Bereich der Austrittsöffnung 14 kon-

stanten Durchmesser. Dieser Durchmesser ist so gewählt, daß eine abgeflachte Kanüle eingebracht und dadurch der Totraum minimiert werden kann. Der Auslauf mit dem kleinsten Durchmesser d wird aus Reinigungsgründen so kurz wie möglich gehalten.
5

Im Deckel 4 ist die axiale Bohrung 41 so ausgestaltet, daß eine Gummischeibe 43 mit einem zentrischen Loch für die Kanüle 8 eingelegt werden kann. Darüber ist ein Zwischenring 44 angeordnet, der auf der Seite der Gummischeibe 43 nach innen leicht konisch, vorzugsweise unter einem Winkel von 160° ausgebildet ist. Mit Hilfe einer die Kanüle axial aufnehmenden Andrückschraube 45 wird die Kanüle nach dem vollständigen Einschieben in den Kanal 13 durch Anziehen der Andrückschraube arretiert und gegen die Umgebung abgedichtet.
10
15

Der Durchmesser der Mischkammer 23 ist so bemessen, daß ihr freier Querschnitt etwa die Summe der freien Querschnitte der Kanäle 22 für das Druckgas am Auslauf in die Mischkammer 23 ergibt, um die Energie der zugeführten Druckluft optimal auszunutzen. Bei zu großem Querschnitt der Mischkammer 23 kommt es zu einer verfrühten Entspannung, bei zu kleinem Querschnitt zu Stauungen der Druckluft. Angestrebt wird eine optimierte Ausnutzung der Umsetzung der Druckdifferenz zwischen Druckgas und Umgebungsdruck in kinetische Energie im Bereich der Austrittsöffnungen der Kanäle 22. Eine entscheidende Rolle spielt dabei der Abstand zwischen der aus dem Kanal 13 austretenden Flüssigkeit und den Austrittsöffnungen der Kanäle 22 für die Druckluft. Die Länge der Mischkammer entspricht in etwa ihrem Durchmesser. Eine zu kurze Mischkammer würde bezüglich der erforderlichen Kanaltiefe im Mündungsbereich fertigungstechnische Schwierigkeiten bereiten. Bei einer zu langen Mischkammer kann es zu einer Verschlechterung der Zerstäubungseffizienz durch Impaktion und Reibung, sowie zur Verstopfungsneigung kommen.
20
25
30
35
40

Auf der Grundlage dieser Überlegungen wurde festgestellt, daß erfindungsgemäß folgende Größenverhältnisse einzuhalten sind. Die Querschnittsfläche A_M der Mischkammer 23 entspricht im wesentlichen der Summe der minimalen Querschnittsflächen A_D der Kanäle 22. Der kleinste Durchmesser d des Kanals 13 für das Zerstäubungsgut an der Austrittsöffnung 14 beträgt etwa 55% bis 85%, vorzugsweise 60% bis 70% des Durchmessers D der Mischkammer 23.
45
50

Um einerseits durch das Verspannen des Düsen einsatzes und der Düsenaufnahme gegeneinander einen sicheren Sitz und eine Selbstzentrierung der beiden den Düsenkörper bildenden Teile zu gewährleisten und andererseits die Energieabgabe der Druckluft an das durch den Kanal 13 zugeführte Zerstäubungsgut zu begünstigen, sollte der Win-

kel der kreiskegeligen Auflagefläche 11 bzw. der komplementären Aufnahme­fläche 21 etwa 120° betragen. Kleinere Winkel als 120° wirken sich nicht nur in diesem Zusammenhang ungünstig aus, sondern führen auch zu Problemen bei der Fertigung und Reinigung des Düsenkörpers (Gradbildung am Auslauf im Düsen­ein­satz bei der Spritzfertigung, Beschädigungs­gefahr des Bohrungs­randes im Düsen­ein­satz, schlechtere Zugänglichkeit der Mischkammer bei der Reinigung).

Zwar können die Kanäle 22 für die Druckluft anders als bei den beschriebenen Ausführungs­beispielen auch in der Auflage­fläche 11 des Düsen­ein­satzes 1 ausgebildet werden. Jedoch ist die oben beschriebene Ausgestaltung zu bevorzugen, da die Gefahr einer mechanischen Beschädigung der Kanäle insbesondere im Bereich der Mischkammer 23 verringert ist. Auch ist die Querschnittsform der Kanäle 22 für die Druckluft nicht auf eine rechteckige Form oder die Form eines gleichschenkeligen Trapezes beschränkt. Im Hinblick auf eine einfache Spritzfertigung sind die beschriebenen Querschnittsformen vorteilhaft und eignen sich auch in besonderem Maße im Hinblick auf die Querschnittsverringering zur Mitte des Düsenkörpers hin, die zur Beschleunigung der Druckluft unter Zunahme der kinetischen Energie dient.

Bei dem beschriebenen Ausführungs­beispiel der erfindungsgemäßen Zerstäuber­düse sind drei Kanäle 22 für die Druckluft in der Aufnahme­fläche 21 vorgesehen. Bei einem in etwa quadratischen Querschnitt des Luftkanals 22 im Bereich der Mündung in die Mischkammer 23 ist der Einfluß der Fertigungsabweichungen auf die Querschnittsgröße am kleinsten. Die Kanaltiefe sollte etwa der halben Mischkammerlänge entsprechen. Aus geometrischen Überlegungen und im Hinblick auf die mögliche Fertigungsgenauigkeit bei Spritzfertigung scheint die Anzahl von drei Kanälen für die Zuführung von Druckluft optimal zu sein. Eine ungerade Anzahl der Kanäle für die Druckluft, insbesondere drei Kanäle in 120°-Anordnung stabilisiert und zentriert das ausströmende Aerosol nach dem Austritt aus der Zerstäuber­düse. Unterstützend kann hier auch eine tangentiale Anordnung der Kanäle 22 bezogen auf die Mischkammer 23 wirken. Aus fertigungstechnischen Überlegungen heraus erscheint diese Ausgestaltung jedoch schwierig zu realisieren zu sein. Zu bevorzugen ist ferner eine flache Ausgestaltung der Kanäle 22 für die Druckluft, da dadurch die Reinigung nicht nur der Kanäle sondern auch der Mischkammer vereinfacht wird. Der Kanal 13 für das Zerstäubungsgut im Düsen­ein­satz 1 kann mit einem Draht oder einer Nylonschnur gereinigt werden.

Da durch die Zuführung von Druckluft in die Mischkammer 23 dort ein Überdruck herrscht, muß das Zerstäubungsgut durch den Kanal 13 im Dü-

seneinsatz 1 unter Druck zugegeben werden. Dadurch bietet sich die Möglichkeit, das Verhältnis der Massenströme über die Menge des zugeführten Zerstäubungsguts zu variieren. Praktisch können beliebige Mengen des Zerstäubungsgutes zerstäubt werden, da eine weit größere Menge (> 250 µl/min) als die für therapeutische Zwecke sinnvolle Menge von bis zu 50 µl/min zugeführt werden kann. Bei einem Luftdurchsatz von 4,5 bis 5 l/min und einer Druckdifferenz von 2 bar kann die therapeutisch sinnvolle Menge auch problemlos abgetrocknet werden. Dadurch werden Partikel des Primäraerosols mit einem Durchmesser von bis zu 16 µm allein durch die Abtrocknung so weit verkleinert, daß durch die erfindungsgemäße Zerstäuber­düse ohne weitere Nachbehandlung ein Aerosol erzeugt wird, das zu 100% lungengängige Partikel enthält.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Zerstäuber­düse liegen in der einfachen Herstellbarkeit (Massenartikel), im einfachen Aufbau (leichte Reinigung), in der Dosierungsmöglichkeit der Flüssigphase (unterschiedliche Rezepturen), im feinen Primärtröpfchenspektrum (relativ hohe Ausgangskonzentration der Medikamentlösung möglich, d.h. kurze Inhalationszeiten) und im geringen pneumatischen Leistungsbedarf ($\Delta p < 2$ bar, Luftvolumenstrom < 5 l/min, d.h. Kompressorbetrieb möglich, Heimtherapie).

Im folgenden werden die Ergebnisse von Untersuchungen dargestellt, die an verschiedenen ausgestalteten Zerstäuber­düsen mit erfindungsgemä­ßem Aufbau durchgeführt wurden.

Dabei ist zunächst festzuhalten, daß der Luftdurchsatz der untersuchten Zerstäuber­düsen mit der Druckdifferenz und der Bohrung der Düsen­aufnahme, d.h. dem Durchmesser der Mischkammer 23 steigt. Ausgehend von einem Düsen­ein­satz 1 mit einer Austrittsöffnung 14 von 0,30 mm (d 0,30), kombiniert mit einer Düsen­aufnahme 2 mit einer Mischkammer 23 von 0,40 mm Durchmesser (D 0,40), nimmt der mittlere Tropfendurchmesser mit zunehmendem Mischkammer­durchmesser bei konstantem Druck zunächst ab, durchläuft ein Minimum und nimmt anschließend leicht wieder zu. Ein Optimum ergibt sich bei der Kombination d 0,30/D 0,45. Dieses Verhalten kann anhand der Energie­verhältnisse in der Mischkammer 23 erklärt werden.

Bei allen drei Düsen­aufnahmen sind die Kanal­abmessungen gleich. Die Flüssigkeit wird mit konstantem Volumenstrom durch eine Bohrung von 0,30 mm Durchmesser in die Mischkammer 23 gefördert. Bei einem Mischkammer­durchmesser D von 0,40 mm ist ihr freier Querschnitt kleiner als die Summe der freien Querschnitte der Kanäle 22 am Mischkammereintritt. Es kommt zu Stauungen der Druckluft in der Mischkammer 23. Bei einem

größeren Durchmesser der Mischkammer 23, etwa 0,50 mm ist der Abstand zwischen der Kanalmündung und der Flüssigkeitsbohrung 14 größer als bei einem kleineren Mischkammerdurchmesser. Die Druckluft kann sich zu früh entspannen. In beiden Fällen, einem zu kleinen oder zu großen Mischkammerdurchmesser D , wird die Abgabe der kinetischen Energie der Druckluft an die Flüssigkeit negativ beeinflusst und damit die Dispergiereffizienz schlechter.

Bei einer Auftragung der mittleren Tröpfchendurchmesser über der pneumatischen Leistung, die als das Produkt der Druckdifferenz Δp und des Luftdurchsatzes V definiert ist, weisen beide Düsenkörper, d 0,30 / D 0,45 und d 0,30 / D 0,40 etwa die gleiche Leistungseffizienz auf. Das Primärtröpfchenspektrum benötigt zur Abtrocknung eine definierte Menge an Dispergierluft. Der Düsenkörper 0,30/DK 0,45 ist daher besser geeignet, da mit ihm ein konstanter Flüssigkeitsstrom in einen Spray mit einem bestimmten mittleren Tröpfchendurchmesser bei mehr Luftdurchsatz und niedrigerer Druckdifferenz dispergiert wird.

Die Dispergiereffizienz des Düsenkörpers d 0,30 / D 0,45 ist von Flüssigkeitsströmen bis zu 250 $\mu\text{l}/\text{min}$ unabhängig. In der Mischkammer herrschen aufgrund der Luftstrahlumlenkung und Luftstrahlbeschleunigung bestimmte, einem Betriebspunkt entsprechende Scherkräfte. Diese Scherkräfte wirken den Oberflächen an den Flüssigkeitströpfchen entgegen. Die Oberflächenkraft hängt vom Tropfendurchmesser ab. Einer bestimmten Scherkraft entspricht also ein bestimmter Tropfendurchmesser, unterhalb dessen der Tropfen nicht weiter zerkleinert werden kann. Zur Dispergierung der Flüssigkeit wird der Druckluft ein bestimmter, der Flüssigkeitsmenge entsprechender Anteil an Energie entnommen. Der Rest dient zum Transport oder dissipiert. Bei größeren Flüssigkeitsströmen kann die Druckluft mehr Dispergierenergie freisetzen. Aufgrund der erforderlichen Abtrocknung sind aber nur kleinere, vom Luftdurchsatz abhängige Flüssigkeitsströme sinnvoll.

Die Auswahl des Betriebspunktes einer Düse kann anhand der Auftragung des Produktes aus dem mittleren Tropfendurchmesser und dem Luftdurchsatz über der Druckdifferenz getroffen werden. Dieses Kriterium dient auch zur Auswahl eines geeigneten Kompressors für die Heimtherapie. Der optimale Betriebspunkt entspricht dem Minimum im Verlauf dieser Funktion. Der Flüssigkeitsstrom und die Medikamentenkonzentration müssen dann dem Luftdurchsatz im Betriebspunkt angepaßt werden. Für kurze Inhalationszeiten sind hohe Flüssigkeitsströme mit hoher Medikamentenkonzentration nötig, die hohe Luftdurchsätze und feinere Primärtröpfchenverteilungen erfordern. Die Düse wird bei höheren Drücken betrieben als dem ermittelten

energetischen Optimum entspricht.

Patentansprüche

- 5 1. Zerstäuberdüse zum Zerstäuben eines pulverförmigen oder flüssigen Zerstäubungsguts, vorzugsweise in Form einer Lösung oder Suspension, insbesondere für die Inhalationstherapie, mit einem Düsenkörper bestehend aus
 - 10 - einem Düseneinsatz (1) mit
 - einer Auflagefläche (11) und
 - einem Kanal (13) für die Zuführung des Zerstäubungsguts, der in der Mitte der Auflagefläche (11) angeordnet ist und der sich in Längsrichtung der Grundform des Düseneinsatzes (1) erstreckt, und
 - 15 - einer Düsenaufnahme (2) zur Aufnahme des Düseneinsatzes (1) mit
 - 20 -- einer Aufnahmefläche (21), auf der die Auflagefläche (11) des Düseneinsatzes (1) aufliegt,
 - Kanälen (22) für die Zuführung eines Druckgases, die in der Aufnahmefläche (21) in Form von Nuten ausgebildet sind und die sich im wesentlichen radial zur Grundform der Düsenaufnahme (2) erstrecken, und
 - 25 -- einer Mischkammer (23), in die der Kanal (13) für das Zerstäubungsgut und die Kanäle (22) für das Druckgas münden und deren Querschnittsfläche A_M im wesentlichen der Summe der Querschnittsflächen A_D der Kanäle (22) für das Druckgas im Mündungsbereich entspricht.
- 30 2. Zerstäuberdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mischkammer (23) kreiszylindrisch ist.
- 35 3. Zerstäuberdüse nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser D der Mischkammer (23) etwa gleich ihrer Länge ist.
- 40 4. Zerstäuberdüse nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle (22) für das Druckgas in der Düsenaufnahme (2) einen rechteckigen oder trapezförmigen Querschnitt besitzen.
- 45 5. Zerstäuberdüse nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Seitenwände der trapezförmigen Kanäle (22) für das Druckgas gegenüber einer zum Boden der Kanäle senkrechten Seitenwand um einen Winkel von 3° bis 15° geneigt sind.

6. Zerstäuberdüse nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle (22) für das Druckgas einen sich zur Mischkammer (23) hin verjüngenden Querschnitt aufweisen. 5
7. Zerstäuberdüse nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser d der Austrittsöffnung des Kanals (13) für das Zerstäubungsgut etwa 55% bis 85% des Durchmessers D der Mischkammer (23) entspricht. 10
8. Zerstäuberdüse nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser d der Austrittsöffnung des Kanals (13) für das Zerstäubungsgut etwa 60% bis 70% des Durchmessers D der Mischkammer (23) entspricht. 15
20
9. Zerstäuberdüse nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser d der Austrittsöffnung des Kanals (13) gleich 0,3 mm und der Durchmesser D der Mischkammer (23) gleich 0,48 mm ist. 25
10. Zerstäuberdüse nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Düsenersatz (1) und die Düsenaufnahme (2) eine kreiszylindrische Grundform aufweisen, die Auflagefläche (11) und die Aufnahmefläche (21) kreiskegelig sind und drei um 120° entlang des Umfangs versetzte Kanäle (22) in der Aufnahmefläche (21) vorgesehen sind. 30
35
11. Zerstäuberdüse nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Düsenersatz (1) aus zwei flachen Kreiszylindern mit unterschiedlichem Durchmesser und einem Kreiskegel aufgebaut ist, die koaxial zueinander angeordnet sind, so daß nach Aufnahme des Düsenersatzes (1) in einem zylindrischen Gehäuse (3) im Bereich des kleineren Kreiszylinders ein Ringraum (7) gebildet wird, durch den die Druckluft den Kanälen (22) der Düsenaufnahme (2) zugeführt wird. 40
45
12. Zerstäuberdüse nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der größere Kreiszylinder des Düsenersatzes (11) am Umfang Abflachungen (12) aufweist, in deren Bereich im Gehäuse (3) ein Raum (6) festgelegt wird, durch den die Druckluft in den Ringraum (7) zugeführt wird. 50
55
13. Zerstäubervorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auflagefläche (11) des Düsenersatzes (1) und die Aufnahmefläche (21) der Düsenaufnahme (2) kreiskegelig sind.
14. Zerstäubervorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Kreiskegel einen Winkel im Bereich von 100° bis 140°, vorzugsweise von 120° besitzt.

Fig. 1

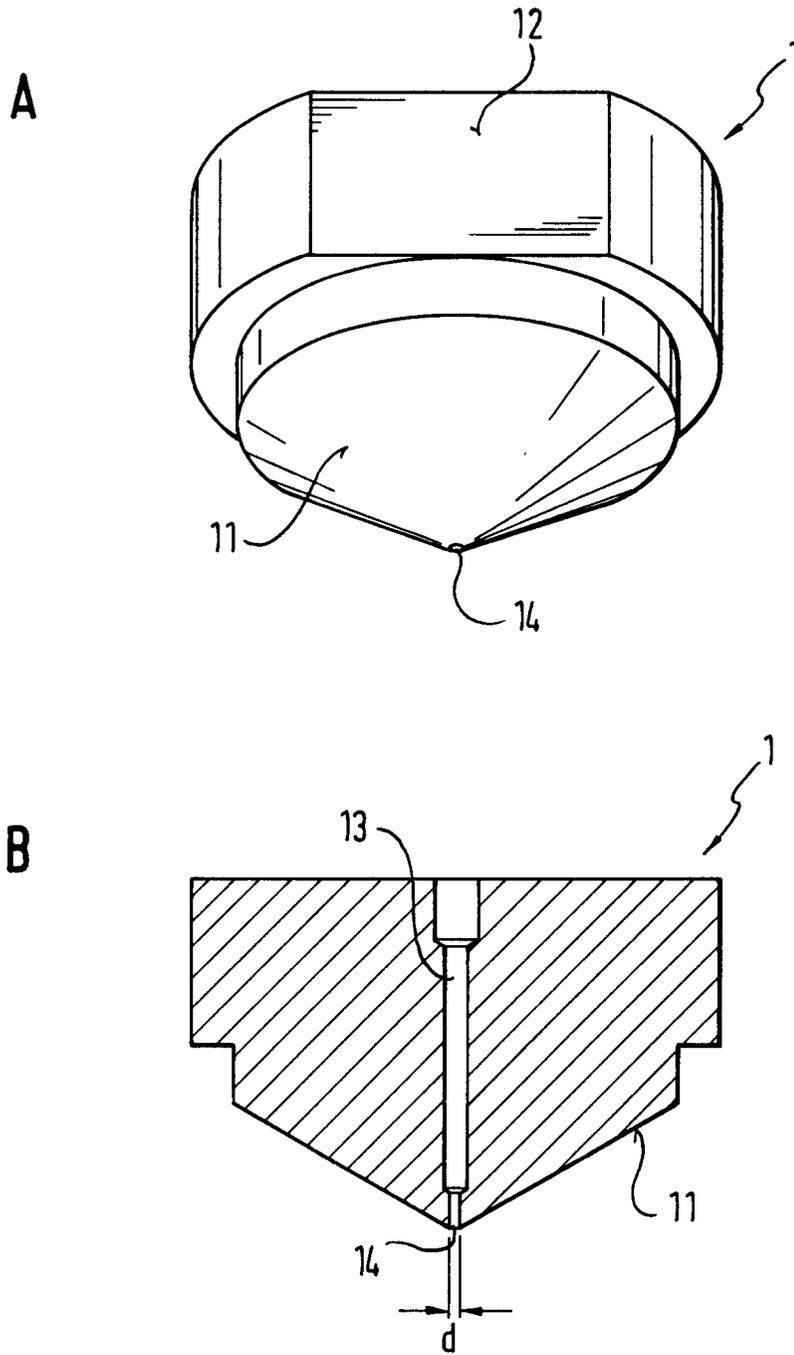


Fig. 2

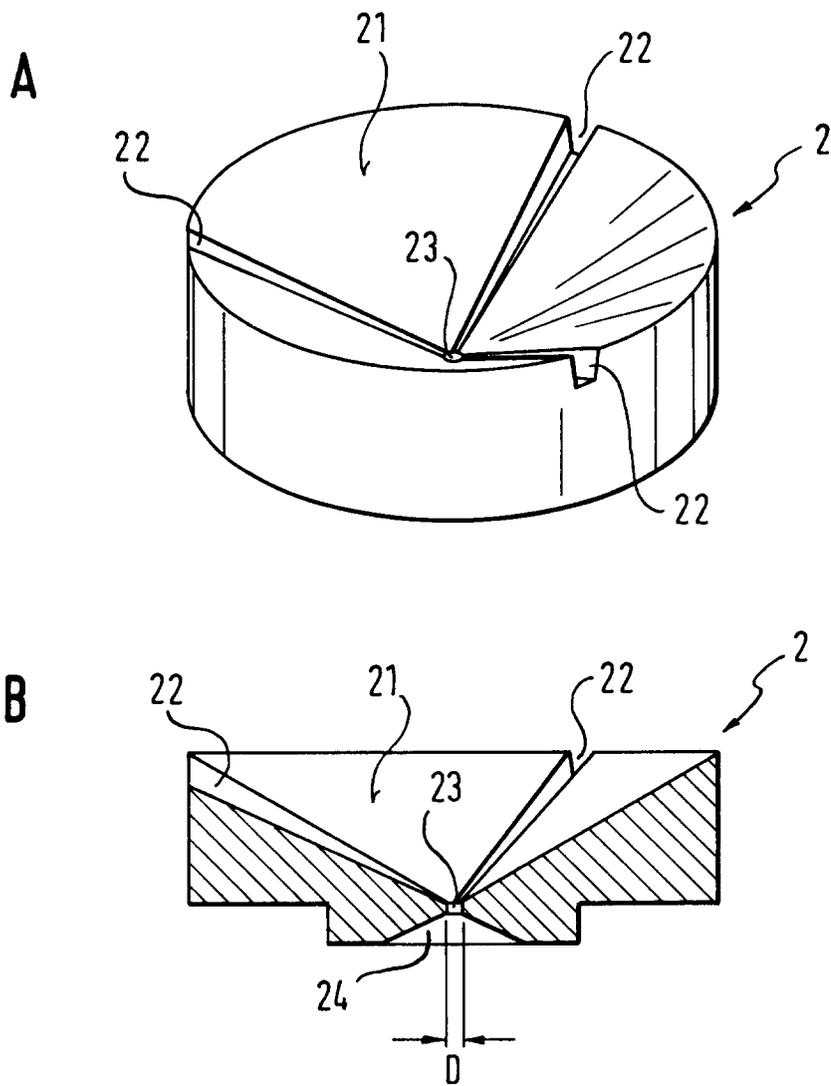


Fig. 3

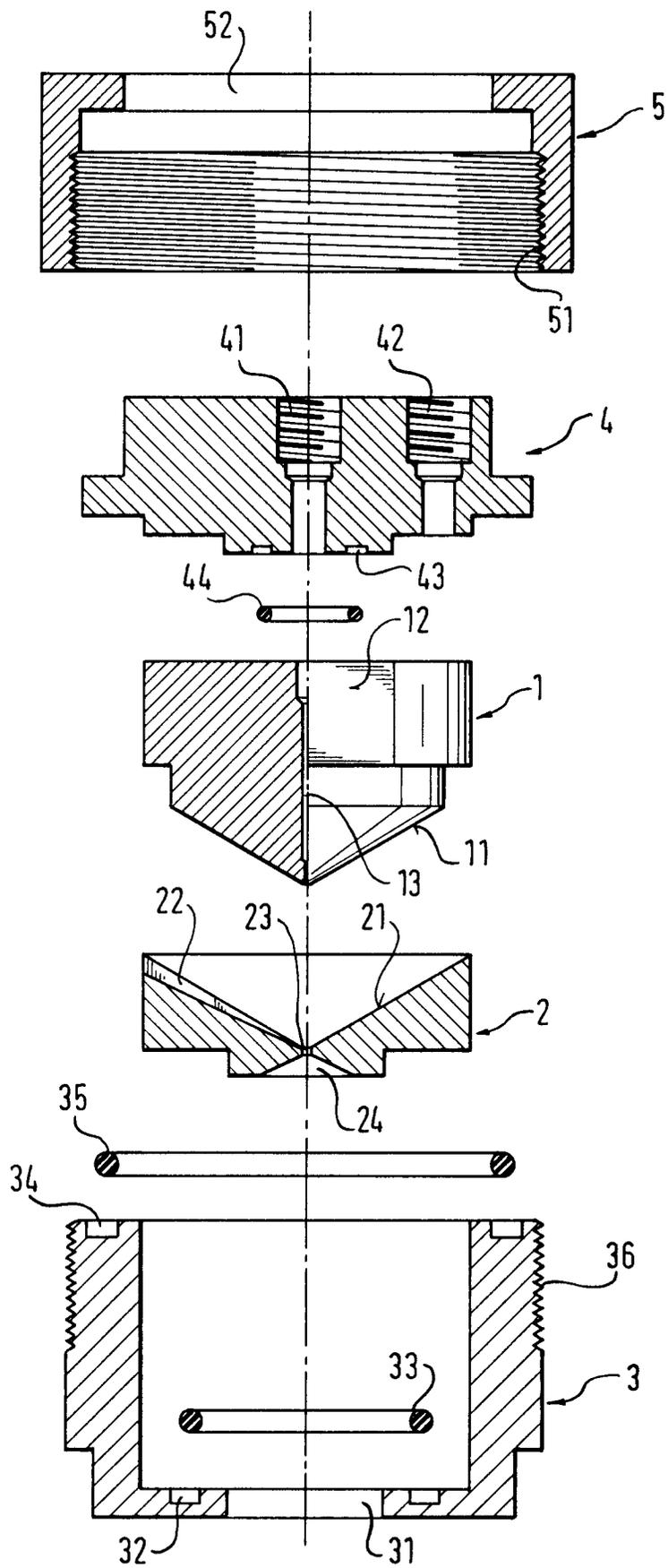
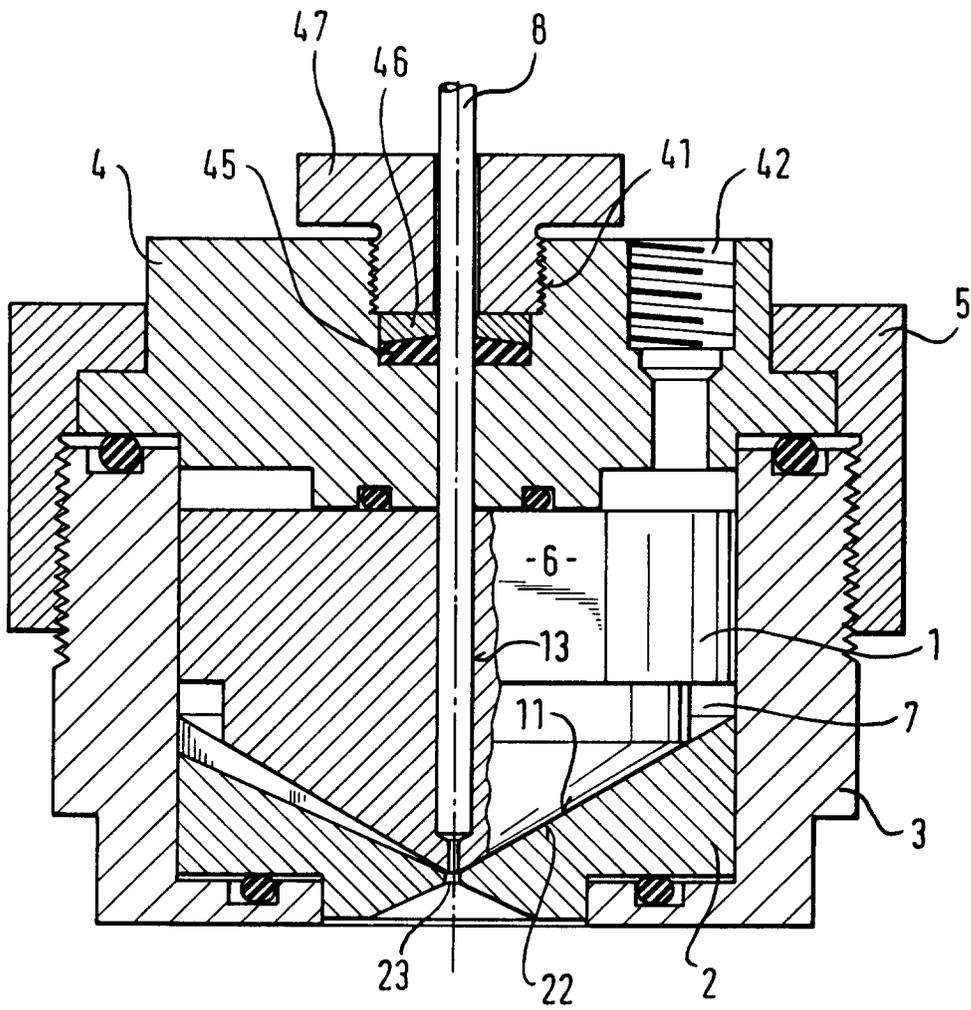


Fig. 5





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 93 12 0417

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X A	DE-U-91 11 596 (OTTO ROLAND) * das ganze Dokument * ---	1,2,4,13 3,10,14	B05B7/04 B05B7/08 A61M11/00
A	DE-A-31 45 390 (BEIERSDORF AG) * Seite 9, Zeile 15 - Zeile 23; Abbildungen 2,4 * ---	1	
A	SU-A-1 547 857 (CHEM REAGENTS HIGH) * Zusammenfassung * ---	4	
A	US-A-3 770 209 (WILCOX) * das ganze Dokument * ---	1,7-9	
A	EP-A-0 343 103 (SCHWIEZERISCHE ALUMINIUM AG) * das ganze Dokument * -----	1,6	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B05B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 6. April 1994	Prüfer Guastavino, L
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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 L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (POMC03)