

(12) **Ausschließungspatent**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **225 350 A5**4(51) **B 05 D 1/04**
B 05 B 5/00**AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	AP B 05 D / 265 109 1	(22)	10.07.84	(44)	31.07.85
(31)	P3325070.7	(32)	12.07.83	(33)	DE

(71)	siehe (73)
(72)	Simm, Walter; Langeheine, Jürgen, Dr.; Niessen, Heinz-Josef, Dr.; Rosslenbroich, Hans-Jürgen, Dr., DE
(73)	Bayer AG, 5090 Leverkusen, DE

(54) Verfahren und Vorrichtung zum großflächigen Ausbringen und Verteilen elektrisch leitfähiger Flüssigkeiten

(57) Das Sprühverfahren beruht darauf, daß man die Flüssigkeit mit einer so geringen Strömungsgeschwindigkeit aus einer Öffnung austreten läßt, daß der zunächst noch zusammenhängende Flüssigkeitsfaden von selbst in einzelne Tropfen zerfällt. Durch Anlegen einer elektrischen Spannung an den Flüssigkeitsfaden kann dann ein Sprühkegel erzeugt und die Tropfengröße stabilisiert werden. Praktisch geht man so vor, daß man die Flüssigkeit durch eine Vielzahl von strömungstechnisch parallel geschalteten Kapillaren fließen läßt, die als Sprühelemente dienen. Dabei ist jede Kapillare von einem konzentrischen Schutzmantel umgeben, der sich auf dem gleichen elektrischen Potential befindet wie die Kapillaren. Eine Hochspannung von 10 bis 50 kV liegt zwischen den Kapillaren und Erde. Die gesamte Vorrichtung kann raumsparend als tragbares Gerät konstruiert werden und hat sich insbesondere in der Landwirtschaft zum Versprühen von wäßrigen Pflanzenschutz-Formulierungen bewährt.

63 992/17

Verfahren und Vorrichtung zum großflächigen Ausbringen und Verteilen elektrisch leitfähiger Flüssigkeiten

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ausbringen und Verteilen elektrisch leitfähiger Flüssigkeiten mit einem spezifischen Widerstand $< 10^4 \Omega \cdot m$, insbesondere von wäßrigen Pflanzenschutzmittellösungen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Das Versprühen von Flüssigkeiten, insbesondere von Lösungen oder Dispersionen unter Einwirkung elektrischer Felder ist aus verschiedenen Gebieten der Technik bekannt. Als Beispiele seien die Beschichtung mit Lacken in der Autoindustrie und die großflächige Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft genannt. Pflanzenschutzpräparate werden in bekannter Weise als Dispersionen in Wasser in Form von Suspensionen oder Emulsionen unter Anwendung von Düsen oder Rotationszerstäubern über den zu behandelnden Pflanzenbeständen versprüht und mit mehr oder weniger gutem Erfolg auf den Blättern der Pflanzen, hauptsächlich an der Oberseite der freistehenden Blätter niedergeschlagen.

Damit die Pflanzenschutzmittel optimal wirksam werden können, ist es jedoch notwendig, daß auch die Unterseite der Blätter und die Stengel von dem versprühten Präparat getroffen werden. Beim Versprühen im Freien wird häufig ein Teil des Sprühnebels durch den Wind abgetrieben und zu anderen Pflanzen getragen, die nicht behandelt werden sollen. Ferner geht ein großer Teil durch Absinken zum Erd-

boden oder durch Abtrift verloren. Aus diesem Grund wurde ein Verfahren angegeben, bei dem das gelöste Präparat an einer hochspannungsführenden Elektrode elektrostatisch zerstäubt wird, wobei die entstehenden, sehr feinen Aerosoltröpfchen unipolar hoch aufgeladen sind. Mit diesem Verfahren kann die Flüssigkeit auf geerdeten Objekten wirkungsvoller abgeschieden werden, da die Pflanzen als Gegenelektrode zur Zerstäubungselektrode die geladenen Tröpfchen anziehen. Das Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß nur organische Flüssigkeiten, deren spezifischer elektrischer Widerstand in einem bestimmten Bereich liegt (ca. $10^4 \Omega \cdot m$ bis $10^7 \cdot m$), elektrostatisch zerstäubt und abgeschieden werden können. Insbesondere können wäßrige Lösungen wegen der zu hohen Oberflächenspannung und wegen des zu niedrigen spezifischen Widerstandes ($\rho \sim 5,7 \Omega \cdot m$) nicht verarbeitet werden.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß die hochgeladenen, sehr feinen Tröpfchen vor allem bei dichten Pflanzenbeständen nur an den außenliegenden Teilen der Pflanzen abgeschieden werden, nicht aber in die elektrisch abgeschirmten inneren Teile der Bestände eindringen. Ferner läßt sich die Aufladungshöhe der Tropfen nicht auf einfache Weise steuern, da nur eine hohe Aufladung der Flüssigkeit am Rande der Sprühelektrode der Zerstäubungseffekt einleitet. Bei der Reduzierung der Elektrodenspannung geht lediglich der Zerstäubungsvorgang in ein Abtropfen der Flüssigkeit über.

Aus praktischen Erfahrungen beim Aufbringen von Pflanzenschutzmitteln ergeben sich folgende Anforderungen:

1. Wäßrige, nicht brennbare Formulierungen sind organischen Flüssigkeiten vorzuziehen.

2. Die Tropfengrößen sollen im Bereich von 100 - 250 μ m liegen.
3. Die Eindringtiefe der Flüssigkeitstropfen in den Pflanzenbestand soll einstellbar sein. Unter der "Eindringtiefe" wird dabei der Bereich verstanden, der beim Sprühvorgang von oben her gesehen, d. h. von der Spitze der Pflanze aus, erfaßt wird. Die Eindringtiefe könnte z. B. durch Veränderung der Tropfengröße oder durch Veränderung der Tropfenladung variiert werden. Schwere, ungeladene Tropfen fallen auf dem kürzesten Wege zu Boden. Dagegen werden leichte, hochgeladene Tröpfchen aus der Flugbahn des freien Falles am stärksten abgelenkt und von den am weitesten hervorstehenden Teilen der Pflanzen angezogen. Beide Extremfälle sind unerwünscht.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist ein Verfahren, das die gezielte Einstellung des Verhältnisses von Tropfenladung zu Tropfenmasse ermöglicht, da auf diese Weise die Zonen zwischen der obersten und den unteren Schichten der Bestände erfaßt werden können.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur großflächigen Verteilung von wäßrigen Flüssigkeiten und die dazu notwendige Vorrichtung zu entwickeln, wobei die oben genannten Bedingungen erfüllt werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß man die Flüssigkeit mit einer so geringen Strömungsge-

schwindigkeit aus einer Düse oder Kapillare austreten läßt, daß sie unmittelbar hinter der Düse bzw. Kapillare einen zusammenhängenden Flüssigkeitsfaden bildet, der anschließend in einzelne Tropfen zerfällt und daß durch Anlegen einer elektrischen Spannung an den Flüssigkeitsfaden, mindestens 500 V gegenüber Erde, die Tropfengröße stabilisiert und ein Sprüh- bzw. Regenkegel erzeugt wird, dessen Öffnungswinkel von der Höhe der Spannung abhängt.

Vorzugsweise stellt man die Strömungsgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der Abmessungen der Düse bzw. der Kapillare über den Betriebsdruck so ein, daß die Länge des zusammenhängenden Flüssigkeitsfadens hinter der Austrittsöffnung 2 bis 100 mm, vorzugsweise 5 - 20 mm, beträgt. Praktisch erreicht man dies für eine wenige Millimeter lange Kapillare bei einem Flüssigkeitsdruck von 0,1 bis 10 bar, vorzugsweise 1 bis 3 bar.

Es wurde gefunden, daß man die Eindringtiefe der Tröpfchen bei dichten Pflanzenbeständen durch Veränderung des Flüssigkeitsdruckes steuern kann.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Sprühverfahrens ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von strömungstechnisch parallel geschalteten Düsenelementen, die aus Kapillaren bestehen, wobei jede der Kapillaren von einem konzentrischen Schutzmantel umgeben ist, der sich auf dem gleichen elektrischen Potential befindet wie die Kapillaren, sowie durch einen Hochspannungsgenerator, dessen hochspannungseitiger Ausgang mit der durch die Kapillaren strömenden Flüssigkeit leitend verbunden ist. Dabei ist der Schutzmantel einseitig durch eine Bodenplatte abgeschlossen und bildet einen Topf, dessen Boden von den Kapillare durchbrochen wird.

Die zu verteilende Flüssigkeit wird von einem mit der Kapillare verbundenen Vorratsbehälter geliefert. Die Sprühstelle, d. h. das Ende der Kapillare befindet sich innerhalb des Topfes. Der zur Aufrechterhaltung der Strömung notwendige Vordruck wird mit einer Pumpe erzeugt, die den Vorratsbehälter auf Überdruck hält.

Die lichte Weite der Kapillaren liegt zweckmäßig im Bereich von 50 bis 500 μm . Die Düsenelemente sind austauschbar in einem Träger eingesetzt und jedes Düsenelement ist von einem Ring aus elastischem Material umschlungen, der auf der einen Seite an dem Träger befestigt ist und auf der gegenüberliegenden Seite eine Bohrung aufweist, durch welche der mit einem die Bohrung überragenden Kragen versehene Schutzmantel hindurchgeführt ist.

Die gesamte Vorrichtung läßt sich raumsparend aufbauen. Insbesondere kann ein tragbares Sprühgerät realisiert werden, das nach diesem Prinzip arbeitet. Dementsprechend besteht eine Weiterentwicklung der Erfindung darin, daß ein Träger vorgesehen ist, an dem die Düsenelemente angeordnet sind und der Träger an einer stabförmigen Halterung angebracht ist, die einen batteriebetriebenen Hochspannungsgenerator, eine Luftpumpe zur Erzeugung des Vordruckes an den Kapillaren und einen Vorratsbehälter für die zu verteilende Flüssigkeit enthält.

Mit der Erfindung werden folgende Vorteile erzielt:

- a) Es wurde gefunden, daß sich mit dem neuen Verfahren wäßrige Lösungen, ebenso wie Salzlösungen sowie wäßrige Suspensionen und Emulsionen problemlos versprühen und auf Zielobjekten niederschlagen. Derartige Flüssigkeiten können bekanntlich auf rein elektrostatischem Wege nicht zerstäubt werden.

- b) Die Tropfenaufladung oder das Ladung/Masseverhältnis der Tropfen ist durch die Höhe der angelegten Spannung bestimmt und kann in weiten Grenzen eingestellt werden. Damit ergibt sich die Möglichkeit, die Sprühcharakteristik über die elektrische Spannung zu steuern. Dieser Vorteil, der für die Anwendung von Pflanzenschutzformulierungen von großer Wichtigkeit ist, kann bei den bekannten rein elektrostatischen Verfahren für die Zerstäubung von Flüssigkeiten ebenfalls nicht erreicht werden.
- c) Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß nur relativ niedrige Flüssigkeitsdrücke erforderlich sind. Der notwendige Vordruck kann mit Hilfe von Pumpen einfacher Bauart erzeugt werden.
- d) Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit geringem apparativem Aufwand verwirklicht werden. Insbesondere kann die Vorrichtung so kompakt und raumsparend aufgebaut werden, daß nunmehr tragbare, leicht zu bedienende Sprühgeräte für wäßrige Pflanzenschutzformulierungen zur Verfügung stehen.
- e) Da bei dem Verfahren nur relativ große Tropfen mit einem engen Tropfengrößenspektrum entstehen, werden gesundheitsschädliche Aerosole bzw. Nebel (Personengefährdung durch Einatmen) vermieden.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und Zeichnungen näher beschrieben werden, wobei im folgenden auch das Prinzip und die physikalischen Grundbedingungen des neuen Verfahrens genauer erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1: den Zerfall eines Flüssigkeitsfadens in Tropfen nach dem Austritt aus einer Kapillare;

Fig. 2: die Erzeugung eines Regenkegels durch Anlegen einer elektrischen Spannung an den Flüssigkeitsfaden;

Fig. 3a, b: die Steuerung der Eindringtiefe des Regenkegels bei der Behandlung von Pflanzenbeständen;

Fig. 4a, b: die Steuerung der Eindringtiefe des Regenkegels durch Änderung der Richtung;

Fig. 5a, b: eine Möglichkeit zur Erhöhung der Raumladungsdichte am Zielort durch mehrere gerichtete Regenkegel;

Fig. 6: schematisch ein komplettes tragbares Verteilgerät;

Fig. 7: den bei der Vorrichtung gemäß Fig. 6 verwendeten Träger mit Düsenelementen und

Fig. 8: ein einzelnes Düsenelement.

Bekanntlich zerfällt ein mit geringer Geschwindigkeit aus einer einfachen Lochdüse oder Kapillare austretender Wasserstrahl in definierter Weise in Tropfen bestimmter Größe. Der an der Austrittsstelle noch zusammenhängende glatte Strahlteil bzw. Flüssigkeitsfaden zeigt nach einer kurzen Angangsstrecke periodisch wiederkehrende Einschränkungen, die sich mit größer werdendem Abstand von der Austrittsöffnung vertiefen, bis es schließlich zur Abtrennung einzelner Tropfen kommt, deren Durchmesser in direktem Zusammenhang mit dem Durchmesser des zusammenhängenden Strahlteils steht.

Dieser Vorgang ist in Fig. 1 dargestellt. Aus der Kapillare 1 mit dem Durchmesser $100\text{ }\mu\text{m}$ wird ein Flüssigkeitsstrahl 2 (z. B. Wasser) mit einer Geschwindigkeit $V = 6\text{ m/Sek.}$ ausgestoßen, dessen Form zunächst auf einer Strecke von einigen cm Länge zylindrisch bleibt, danach aber an der Oberfläche Einschnürungen 3 zeigt, die sich in gleichen Abständen wiederholen und dabei weiter vertiefen, bis sich schließlich einzelne Tropfen 4 von dem Strahl ablösen.

Die untere Bereichsgrenze für die Geschwindigkeit der ausströmenden Flüssigkeit ist dann erreicht, wenn sich an der Austrittsöffnung kein zusammenhängender Flüssigkeitsfaden mehr ausbildet, sondern die Flüssigkeit abtropft. Die obere Grenze für die Austrittsgeschwindigkeit der Flüssigkeit ist dann gegeben, wenn die Laminarströmung in eine turbulente übergeht und der Zerfall in Tropfen gleicher Größe durch einen Zerstäubungsvorgang ersetzt wird, wobei eine breite Streuung der Tropfengrößen eintritt. Der hier beschriebene Zerfall eines Flüssigkeitsfadens in Tropfen wird als "natürlicher Strahlzerfall" bezeichnet.

Der Durchmesser d der Tropfen 4 beim natürlichen Strahlzerfall läßt sich aus dem Strahldurchmesser D und dem Abstand der Einschnürungen bzw. der Zerfallswellenlänge λ nach folgender Formel berechnen:

$$d = \sqrt[3]{1,5 D^2 \lambda} = 1,89 D \quad .$$

In der Praxis kann für die Wellenlänge $\lambda = 4,5 D$ gesetzt werden. Neben den Tropfen 4 mit dem rechnerisch zu ermittelnden Durchmesser d entstehen zusätzlich mit einem sehr kleinen Volumenanteil sekundäre Satellitentröpfchen 5, deren Durchmesser d_s z. B. bei $d_s = 0,2 d$ liegt. Verfolgt

man die so erzeugten Tropfen auf ihrer Flugbahn, z. B. über die Flugstrecke von 1 m, so stellt man fest, daß ein großer Teil der Tropfen durch Rekombination in größere Tropfen 6 und 7 umgewandelt wird. Anstelle der erwarteten Tropfengrößen $d = 198 \mu\text{m}$, ergeben sich Tropfen, deren Größe im Bereich von 190 bis $800 \mu\text{m}$, d. h. weit außerhalb des gewünschten Bereiches liegt. Der Vorgang der Rekombination der Tropfen auf dem Flugwege kann photographisch nachgewiesen werden.

Überraschenderweise wurde gefunden, daß man die Rekombination zu größeren Tropfen verhindern kann, wenn an den zusammenhängenden Teil des elektrisch leitfähigen Flüssigkeitsfadens eine elektrische Spannung gegenüber Erde angelegt wird. Die Tropfen bleiben dann in ihrer Originalgröße erhalten und erreichen unverändert den Auffänger, auch wenn dieser weit entfernt ist. Darüber hinaus entsteht ein weit geöffneter Kegel (Regenkegel) aus elektrisch geladenen Tröpfchen, die sich gezielt auf geerdeten Objekten abscheiden lassen. Dieser Vorgang ist in Fig. 2 dargestellt. Die Strömungsbedingungen sind die gleichen wie bei dem Strahlzerfall gemäß Fig. 1, jedoch mit einer elektrischen Spannung von 10 kV gegenüber Erde, die an den zusammenhängenden Flüssigkeitsfaden 2 angelegt wird. Die Kapillare 1 besteht aus elektrisch leitfähigen Material, z. B. Metall, und hat ein Verhältnis von Länge zu Durchmesser von ca. 50 : 1. Der Flüssigkeitsdruck an der Kapillare wird auf Werte von 0,1 bis 10 bar, vorzugsweise im Bereich von 1 bis 3 bar, eingestellt. Unter diesen Bedingungen ergibt sich an der Kapillare ein zusammenhängender Flüssigkeitsfaden mit einer Länge von 2 bis 100 mm, vorzugsweise 5 bis 20 mm. Anstelle von Kapillaren können für die Strahlerzeugung auch einfache Lochdüsen verwendet werden, deren Lochdurchmesser im Bereich von $50 \mu\text{m}$ bis $500 \mu\text{m}$, vorzugsweise

zwischen $100\text{ }\mu\text{m}$ und $200\text{ }\mu\text{m}$ liegt. Das Verhältnis zwischen Länge und Weite der Lochdüse beträgt dabei z. B. 3 : 1.

Die Hochspannung im Bereich von 10 bis 50 kV, die von dem Hochspannungsgerät 8 geliefert wird, wird über die Kapillare 1 an den zusammenhängenden Flüssigkeitsfaden 2 angelegt. Durch die Spannung und das dadurch hervorgerufene elektrische Feld wird an der Oberfläche des leitfähigen Flüssigkeitsfadens eine elektrische Ladung hoher Dichte influenziert, wobei die höchste Dichte der Oberflächenladung am Ende des Flüssigkeitsfadens, etwa an der Stelle 9 auftritt. Die sich ablösenden Tropfen 4 und 5 übernehmen dabei einen Teil dieser Oberflächenladung. Eine wesentliche Rolle spielt dabei, daß es sich um eine leitfähige Flüssigkeit handelt, deren spezifischer Widerstand $< 10^4 \Omega \cdot \text{m}$ ist. Nach unten ist dem Widerstand keine Grenze gesetzt. Die Flüssigkeit kann beliebig gut leitfähig sein.

Zum Unterschied von der Flugbahn der ungeladenen Tropfen im ersten Abschnitt nach Fig. 1, die nur wenig von der ursprünglichen Strahlrichtung abweicht, zeigen die elektrisch geladenen Tropfen gemäß Fig. 2 deutlich auseinanderstrebende Flugbahnen. Die leichten Satellitentropfen 5 verlassen unmittelbar nach der Entstehung die Hauptflugbahn und bewegen sich dann auf den nächsten, geerdeten Körper in der Umgebung hin. Die aus der Hauptmenge der ausströmenden Flüssigkeit gebildeten normalen Tropfen lösen sich später aus der Reihe und vergrößern ihren gegenseitigen Abstand. Dies führt zur Ausbildung des oben erwähnten Regenkegels 10 mit dem Öffnungswinkel α . Die Tropfen bleiben auch über Flugstrecken von 1 m Länge und mehr in ihrer Originalgröße erhalten. Die Wirkung des elektrischen Feldes beruht also auf zwei Effekten,

nämlich der Verhinderung der Rekombination zu größeren Tropfen und die Ausbildung eines Kegels aufgrund der elektrostatischen Abstoßung. Die Änderung der Polarität der Ladung ist ohne Auswirkung auf diese Effekte. Je nach der Höhe der im zugelassenen Bereich möglichen Ausstoßgeschwindigkeit an der Kapillare (Flüssigkeitsdruck), nach der Strahldicke und der elektrischen Spannung läßt sich der Öffnungswinkel des Regenkegels klein oder groß einstellen. Damit ist die Möglichkeit für eine zielgerichtete Abscheidung der Tröpfchen gegeben. Durch die Einstellung der Richtung kann beispielsweise ein Pflanzenbestand entweder flach angesprüht werden, wobei die geladenen Tröpfchen bevorzugt die oberen Pflanzenteile erreichen, oder es wird steil angesprüht; dann werden die Tröpfchen erst in den tiefer liegenden Teilen des Bestandes zur Abscheidung gebracht. Die Eindringtiefe der Tröpfchen kann also den jeweiligen Anforderungen der Pflanzenbestände angepaßt werden.

In Fig. 3a, b wird gezeigt, wie durch Veränderung des Flüssigkeitsdruckes in der Düse und der damit verbundenen Strahlaustrittsgeschwindigkeit die Eindringtiefe der Tropfen in dichte Pflanzenbestände gesteuert werden kann. Im Teilbild a wird Wasser aus einer Düse 9 mit der lichten Weite $d = 100 \mu\text{m}$ bei einem Druck von $P_1 = 0,6 \text{ bar}$ mit einer mittleren Ausspritzgeschwindigkeit $V_1 = 5,6 \text{ m/s}$ ausgestoßen. Der Strahl liegt an einer Spannung von -15 kV , die durch das Hochspannungsgerät 10 aufrechterhalten wird. Unterhalb der Düse befinden sich zwei Pflanzen 11 und 12 eines größeren Pflanzenbestandes. Die Höhe der Pflanzen beträgt $0,5 \text{ m}$. Der Abstand von der Pflanzenspitze bis zur Düse beträgt $0,3 \text{ m}$. Der Regenkegel 13 öffnet sich oberhalb der Pflanzen 11 und 12. Die Tropfen werden bei der geringen kinetischen Energie des Flüssigkeitsfadens durch die Luftreibung schnell abgebremst und durch Coulomb'sche Kräfte in den

oberen Teilen der Pflanzen 11 und 12 quantitativ zur Abscheidung gebracht. Im Teilbild b wird bei gleicher Spannung, jedoch mit dem Druck von 3 bar und der Austrittsgeschwindigkeit $V_2 = 16,8 \text{ m/s}$ aus der Düse 14 gesprüht. Die wirksame Abbremsung der Tropfenbewegung erfolgt hier erst im unteren Teil der Pflanzen 15 und 16, wonach die elektrostatischen Anziehungskräfte überwiegen und die Tropfen in diesem Bereich zur Abscheidung bringen. Der Kegel 17 ist weniger weit geöffnet als der Kegel 13. In beiden Fällen (a und b) bleibt die Tropfengröße und die Aufladung nahezu gleich, so daß die Tendenz zur gezielten Abscheidung nach dem Abbremsen der Fallgeschwindigkeit erhalten bleibt.

Gemäß Fig. 4a ist die Düse bzw. die Kapillare 18 über dem Pflanzenbestand 19 so angeordnet, daß der austretende Flüssigkeitsfaden zunächst horizontal verläuft. Der Hochspannungsgenerator ist hier weggelassen. Der erzeugte Regenkegel 20 wird durch den Luftwiderstand abgebremst und schlägt sich dann mit geringerer Geschwindigkeit in den oberen Teilen der Pflanzen des Bestandes 19 nieder, so daß nur eine geringe Eindringtiefe erzielt wird. Gemäß Fig. 4b ist die Strahlrichtung um 90° gegen die erste Stellung gedreht; d. h. die Kapillare 21 ist hier vertikal angeordnet. Die Hochspannungsquelle ist, wie in Fig. 4a, nicht eingezeichnet. Der Regenkegel fällt aus der Kapillare 21 in den Pflanzenbestand 22 mit höherer Geschwindigkeit als wie bei der Anordnung nach Fig. 4a, da die Schwerkraft in der gleichen Richtung wirkt. Daraus resultiert eine größere Eindringtiefe. Der Niederschlag erfolgt dann bevorzugt in den unteren Teilen der einzelnen Pflanzen. Es leuchtet ein, daß man mit anderen Stellungen der Düsen zwischen diesen beiden Extremlagen 18 und 21 die Eindringtiefe beliebig variieren kann. Man hat es also in der Hand, die Eindringtiefe des Regenkegels in dichte Pflanzenbe-

stände durch Änderung der Ausstoßrichtung der Flüssigkeit zu steuern. Bewegt man eine Reihenordnung solcher Düsen parallel zum Boden über ein Feld (gezeichnete Pfeile), so können großflächige Pflanzungen besprüht werden.

Durch gleichzeitige Anwendung einer Vielzahl von Düsen-elementen kann die durch die Tropfen erzeugte Raumladung in der nächsten Umgebung des Zielobjektes konzentriert werden. So wird nach Fig. 5a durch eine Vielzahl parallel orientierter Düsen 25 eine Raumladungswolke 23 mit hoher Ladungsdichte vor dem Zielobjekt 24 aufgebaut. Fig. 5b zeigt eine andere Möglichkeit zum Aufbau einer hohen Raumladungsdichte mittels einer Vielzahl von Düsen 26. Die Düsen sind hier so orientiert, daß sich die Verlängerung der Flüssigkeitsfäden, d. h. die Anfangsrichtungen der Strahlen am Ort der Raumladung 27 kreuzen, wodurch ein starkes Niederschlagsfeld am Zielobjekt 28 entsteht. Die Düsen sind hier in größerem Abstand voneinander aufgestellt und die Strahlrichtungen in einen Punkt des Raumes konzentriert.

Die Fig. 6 zeigt ein komplettes Flüssigkeits-Verteilgerät, das so kompakt und handlich aufgebaut ist, daß es als tragbares Gerät von einer Person bedient werden kann. Es besteht aus einem Kopf 29, dem Flüssigkeitsfilter 30, dem Flüssigkeitsventil 31, dem Vorratsbehälter 32 für die zu verteilende Flüssigkeit, einem Hochspannungsgenerator 33, einem Batteriegehäuse 34 und einer Luftpumpe 35. Alle Teile werden von einer stabförmigen Halterung 36 aus isolierendem Material aufgenommen. Die Erdung des elektrischen Systems ist durch ein Erdungskabel 37 gegeben, dessen freies Ende auf dem Erdboden liegt oder mit dem zu behandelnden Objekt in elektrischer Verbindung steht.

Um das Gerät in Betrieb zu setzen, pumpt man mit der Luft-

pumpe 35 Luft in den Behälter 32, der teilweise mit der Flüssigkeit gefüllt ist. Dabei bleibt ein Teil des Volumens z. B. 30 % für die komprimierte Luft (Luftkissen) frei. Der Druck in diesem Volumen wird auf 2 bis 3 bar erhöht. Das Ventil 38 verhindert dabei das Zurückströmen der Flüssigkeit. Der Verteilerkopf 29 wird durch Einschalten des Hochspannungsgenerators 33 über den Schalter 39, der den Primärstromkreis schließt, unter Hochspannung von z. B. 50 kV gesetzt. Beim Öffnen des Ventils 31 strömt die Flüssigkeit durch den Verteilerkopf 29 aus und wird in der oben angegebenen Weise großflächig ausgebracht.

Der Verteilerkopf 29 ist in Fig. 7 dargestellt. Er besteht im Prinzip aus einer Vielzahl von strömungstechnisch parallel geschalteten Düsenelementen, die über die Leitung 44 mit dem Flüssigkeitsbehälter 32 verbunden sind. Zur Erzeugung dünner Flüssigkeitsstrahlen eignen sich sehr gut kurze Kapillarröhrchen, die jedoch sehr empfindlich gegen Verschmutzung und Beschädigung bei direkter Berührung mit anderen Gegenständen, z. B. Pflanzen, sind. Aus diesem Grund wird hier die Kapillare durch einen konzentrischen Mantel geschützt. Obwohl bei gleichem Potential des Schutzmantels die Ausbildung eines elektrischen Feldes durch die abschirmende Wirkung des Mantels unterdrückt wird, findet keine Beeinträchtigung des Sprühvorgangs statt. Der zusammenhängende erste Abschnitt des Flüssigkeitsfadens, der den Rand des Schutzmantels überragt, stellt nämlich wegen der Leitfähigkeit der Flüssigkeit den Ersatz für eine Spitzelektrode dar, an der sich außerhalb des Zylinders das Feld aufbaut, das für die Aufladung der Tropfen erforderlich ist.

Gemäß Fig. 7 wird die Kapillare 47 in die Bodenplatte eines Topfes 48 eingesetzt und bildet so ein Düsenelement 40, das

in entsprechende Bohrungen des Verteilerkopfes 29 eingepreßt ist. Durch den überstehenden Rand 42 (Kragen des Topfes 48) wird die Eintauchtiefe begrenzt. Das freie Ende der Kapillaren 47 taucht in den Flüssigkeitskanal 43 ein, der seinerseits mit dem Zuleitungsrohr 44 verbunden ist.

Da die Kapillaren 47 bei längerem Einsatz durch Ablagerungen leicht verschmutzen können (Verkrustungen) ist eine Einrichtung für den einfachen schnellen Wechsel der Düsen-elemente 40 erforderlich. Zu diesem Zweck ist jedes Düsen-element 40 von einem Ring 45 aus elastischem Material umschlungen, dessen Umfang größer ist als der Umfang des Trägers 41 für die Düsen-elemente. Der Ring 46 ist an seiner Oberseite (Fig. 7) durchbohrt und an der gegenüberliegenden Seite mit dem Träger 41 verschraubt (46). Durch die Bohrung im elastischen Ring ist nun das Düsen-element 40 derart in den Träger 41 eingesetzt, daß der Kragen 42 des Topfes 48 über die Bohrung hinausragt und so einen Anschlag bildet (siehe Fig. 8). Zum Auswechseln eines Düsen-elementes 40 drückt man den Ring 45 zusammen (Pfeile Fig. 8). Dadurch wird der Ring 45 deformiert und übt auf das Düsen-element 40 eine Kraft aus, die groß genug ist, um ihn aus der Verankerung im Träger 41 herauszuziehen. Anschließend kann ein neues Düsen-element durch die Bohrung im Ring 45 hindurchgesteckt und in die entsprechende Öffnung des Trägers 41 eingesetzt werden. Der Austausch kann ohne Anwendung von Werkzeugen von Hand vorgenommen werden.

Der Durchmesser des elastischen Ringes 45 beträgt 5 bis 50 mm, vorzugsweise 10 bis 30 mm. Die Länge des Trägers 41 sowie die Packungsdichte der Düsen-elemente 40 kann dem Bedarf angepaßt werden. Letztere ist nur durch die gegenseitige Berührung der Bauelemente begrenzt.

Für die Höhe der elektrischen Aufladung der Tropfen gibt es ein Maximum, das dann erreicht wird, wenn die elektrische Feldstärke in der Umgebung der Strahlansätze einen Wert annimmt, bei dessen Überschreitung eine Korona-Entladung einsetzt. Die Höhe der optimalen Betriebsspannung hängt von den Abmessungen der Apparatur ab. Sie muß deshalb experimentell ermittelt werden. Für ein einzelnes Düsenelement mit 100 μ m Kapillarweite und weit entfernter Gegenelektrode (mindestens 0,5 m) liegt die optimale Betriebsspannung bei ca. 10 kV. Die obere Grenze für die Betriebsspannung liegt bei ca. 50 kV.

Ein großer Vorteil der beschriebenen Vorrichtung, verglichen mit bekannten Vorrichtungen zur Erzeugung elektrisch geladener Sprühnebel, liegt darin, daß in unmittelbarer Nähe der hochspannungsführenden Düseneinheit keine Gegenelektrode mit Erdpotential erforderlich ist. Dieser Umstand ermöglicht die Verwendung sehr langer Isolierstrecken zwischen den spannungsführenden Teilen der Anordnung. Betriebsstörungen durch feuchte Luft oder Verschmutzung der Isolatoren können damit weitgehend ausgeschlossen werden. Ferner ist von Bedeutung, daß nur sehr geringe Ströme fließen (Größenordnung μ A), so daß die zur Spannungsversorgung verwendete Batterie eine lange Lebensdauer hat und der Hochspannungsgenerator einen hohen Innenwiderstand haben kann. Auf diese Weise wird eine Gefährdung von Personen durch Hochspannung vermieden.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zum großflächigen Ausbringen und Verteilen elektrisch-leitfähiger Flüssigkeiten mit einem spezifischen Widerstand $< 10^4 \Omega \cdot m$, insbesondere von wäßrigen Pflanzenschutzmittellösungen oder Dispersionen, gekennzeichnet dadurch, daß man die Flüssigkeit mit einer so geringen Strömungsgeschwindigkeit aus einer Düse oder Kapillare austreten läßt, daß sie unmittelbar hinter der Düse bzw. Kapillare einen zusammenhängenden Flüssigkeitsfaden bildet, der anschließend in einzelne Tropfen zerfällt und daß durch Anlegen einer elektrischen Spannung an den Flüssigkeitsfaden, mindestens 500 V gegenüber Erde, die Tropfengröße stabilisiert und eine kegelförmige Tropfenverteilung (Regenkegel) erzeugt wird, deren Öffnungswinkel von der Höhe der Spannung abhängt.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Strömungsgeschwindigkeit aufgrund der Dimensionierung der Düse bzw. Kapillare und des gewählten Betriebsdruckes so eingestellt wird, daß die Länge des zusammenhängenden Flüssigkeitsfadens hinter der Austrittsöffnung 2 bis 100 mm, vorzugsweise 5 bis 20 mm beträgt.
3. Verfahren nach Punkt 1 bis 2, gekennzeichnet dadurch, daß der Flüssigkeitsdruck von der Düse bzw. Kapillare auf Werte von 0,1 bis 10 bar, vorzugsweise 1 bis 3 bar, eingestellt wird.
4. Verfahren nach Punkt 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Eindringtiefe des Regenkegels in dichte Pflanzenbestände durch Veränderung des Flüssigkeitsdruckes gesteuert wird.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Punkten 1 bis 4, gekennzeichnet durch eine Vielzahl von strömungstechnisch parallel geschalteten Düsenelementen (40), die aus Kapillaren (47) bestehen, wobei jede Kapillare (47) von einem konzentrischen Schutzmantel (48) umgeben ist, der sich auf dem gleichen elektrischen Potential befindet wie die Kapillaren (47) und durch einen Hochspannungsgenerator, dessen hochspannungseitiger Ausgang mit der durch die Kapillaren (47) strömenden Flüssigkeit leitend verbunden ist.
6. Vorrichtung nach Punkt 5, gekennzeichnet dadurch, daß der Schutzmantel einseitig durch eine Bodenplatte abgeschlossen ist und einen Topf bildet, dessen Boden von der Kapillare (47) durchbrochen wird, die einerseits mit einem Vorratsbehälter (32) für die Flüssigkeit verbunden ist und andererseits innerhalb des Topfes endet.
7. Vorrichtung nach Punkt 5 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß die lichte Weite der Kapillaren (47) im Bereich von 50 bis 500 μm liegt.
8. Vorrichtung nach Punkt 5 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß die Düsenelemente (40) austauschbar in einem Träger (41) eingesetzt sind und jedes Düsenelement (40) von einem Ring (45) aus elastischem Material umschlungen ist, der auf der einen Seite an dem Träger (41) befestigt ist und auf der gegenüberliegenden Seite eine Bohrung aufweist, durch welche der mit einem die Bohrung überragenden Kragen (42) versehene Schutzmantel (48) hindurchgeführt ist.
9. Vorrichtung nach Punkt 5 bis 8, gekennzeichnet dadurch, daß der Träger (41) mit den Düsenelementen (40) an

einer stabförmigen Halterung (36) angebracht ist, die einen batteriebetriebenen Hochspannungsgenerator (33), eine Luftpumpe (35) zur Erzeugung des Vordruckes an den Kapillaren (47 und einen Vorratsbehälter (32) für die zu verteilende Flüssigkeit enthält.

- Hierzu 4 Seiten Zeichnungen -

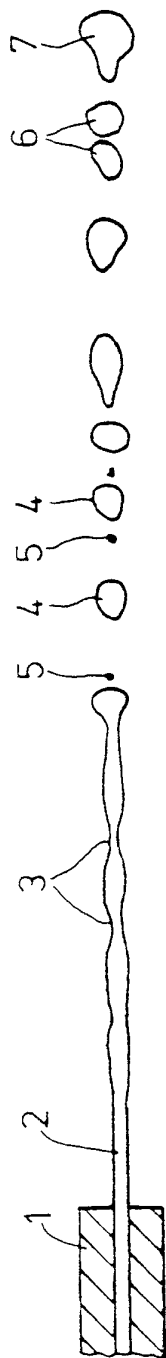


FIG. 1

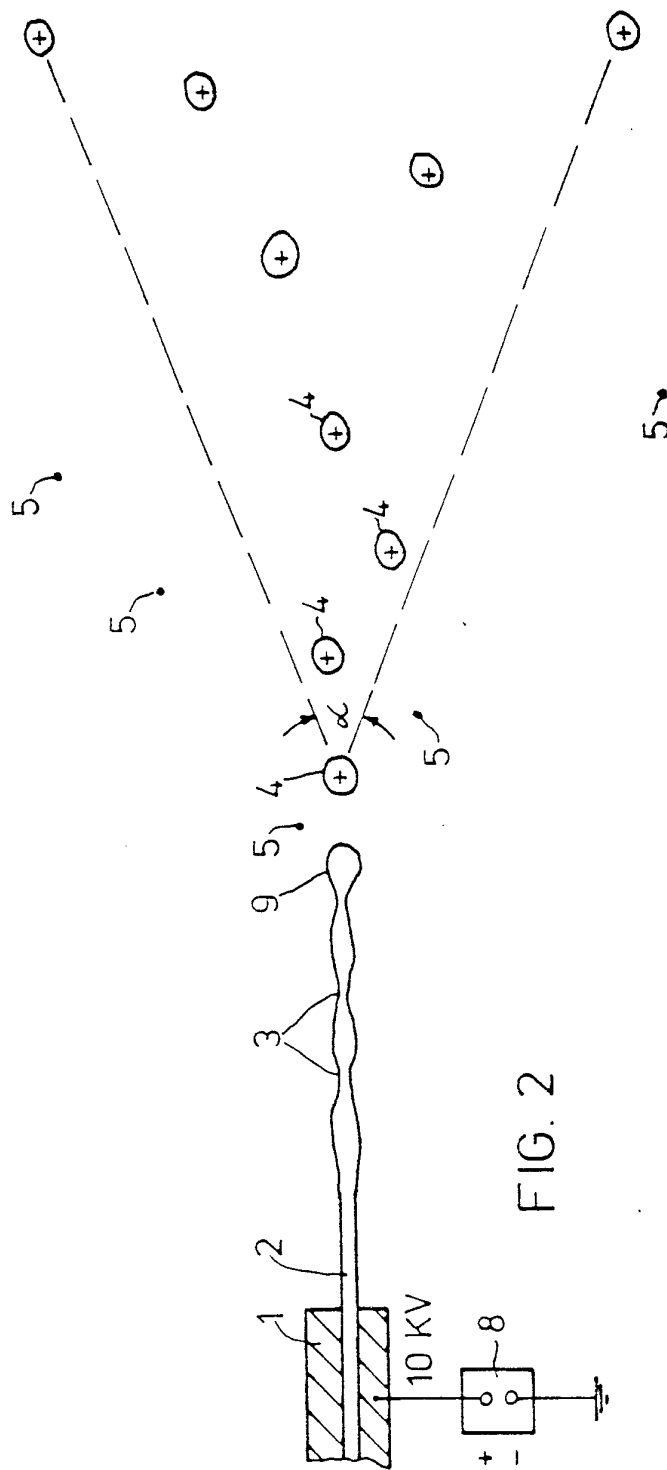


FIG. 2

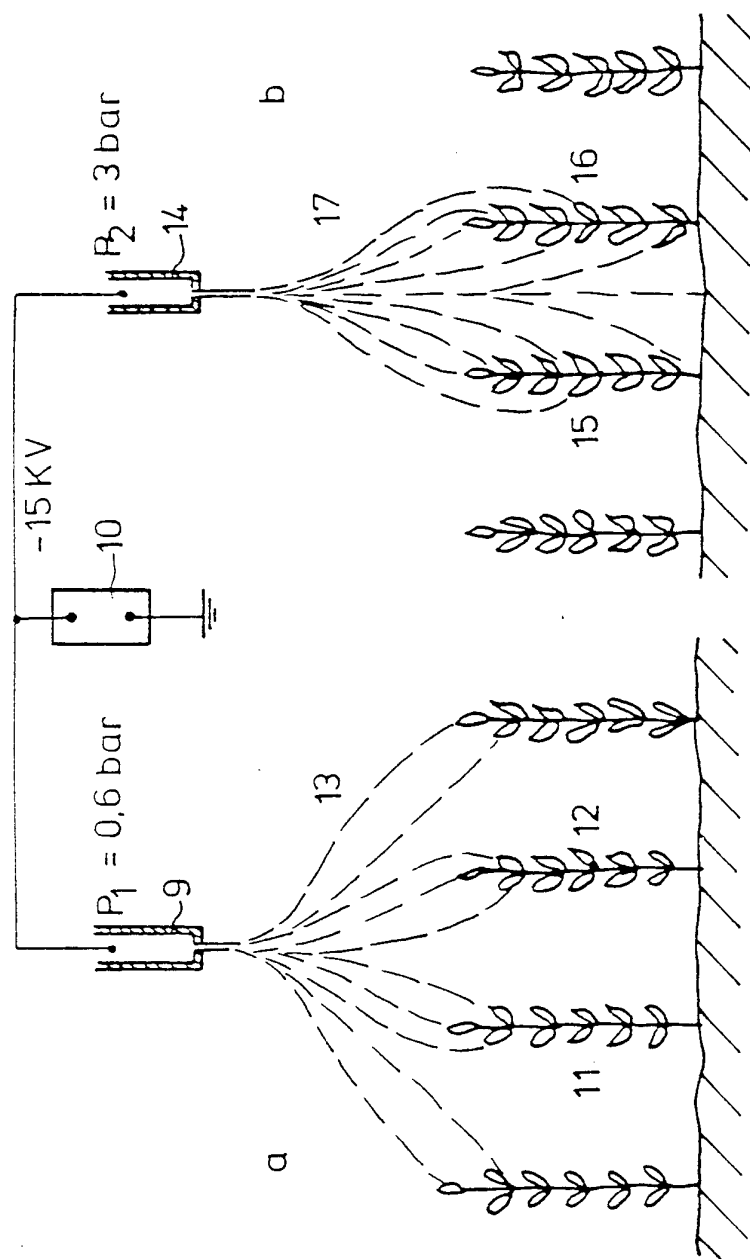


FIG. 3

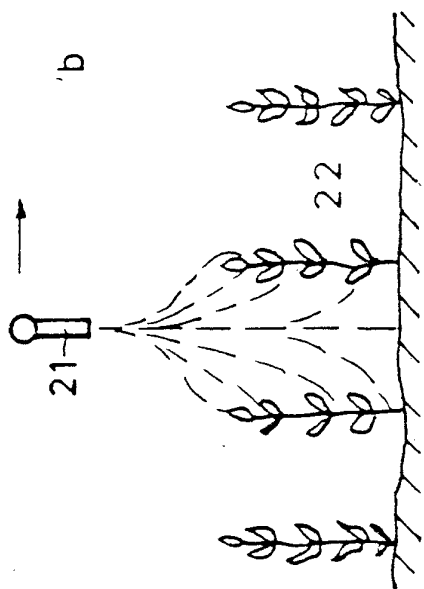


FIG. 4

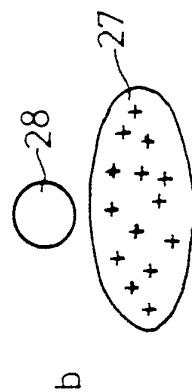
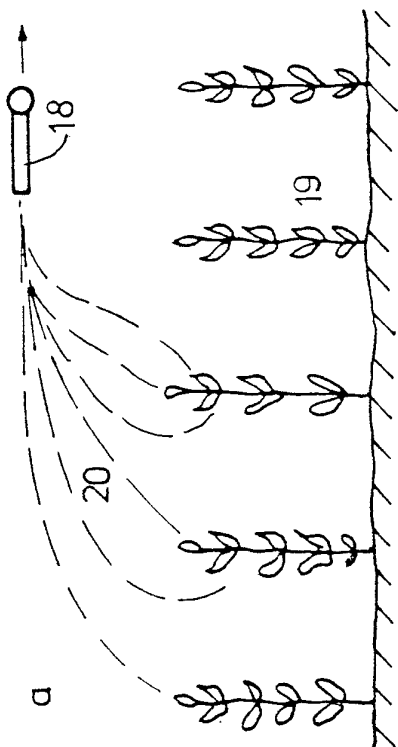
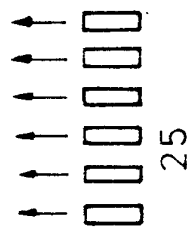
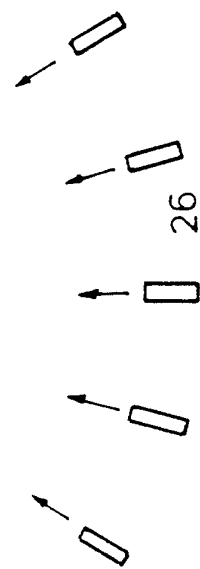
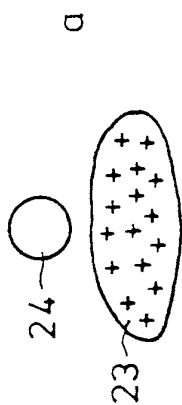


FIG. 5



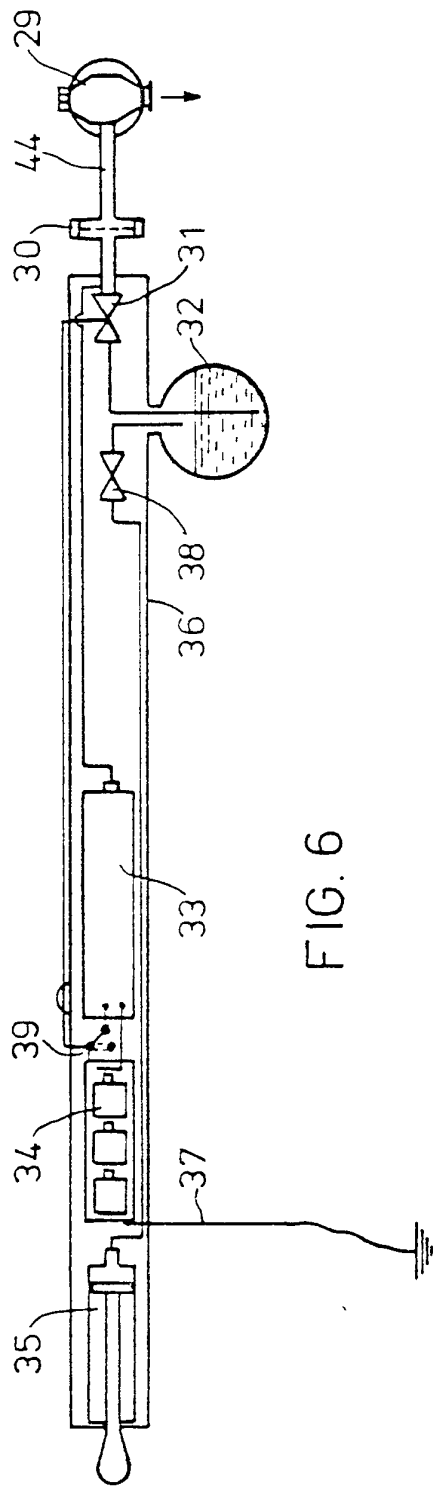


FIG. 6

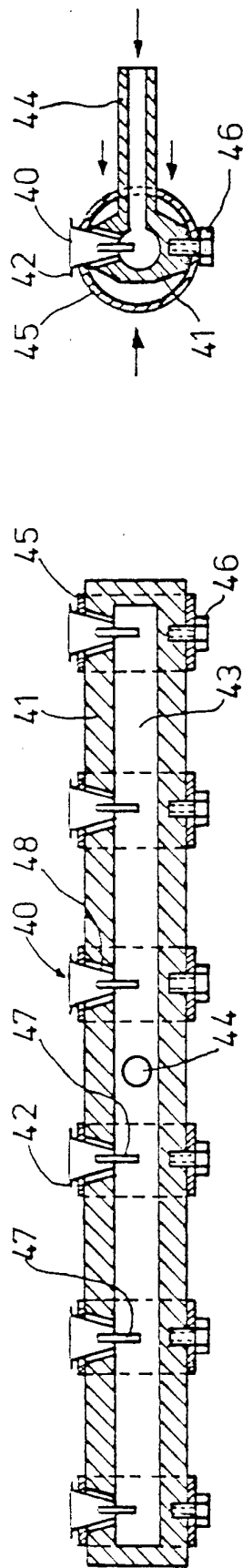


FIG. 7

FIG. 8