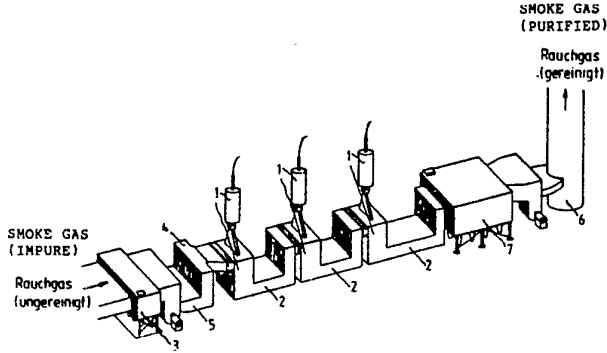


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁴ : B01D 53/34		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 87/ 02597 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 7. Mai 1987 (07.05.87)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP86/00549 (22) Internationales Anmeldedatum: 20. September 1986 (20.09.86) (31) Prioritätsaktenzeichen: P 35 37 632.5 P 36 08 291.0 P 36 20 673.3 (32) Prioritätsdaten: 23. Oktober 1985 (23.10.85) 13. März 1986 (13.03.86) 20. Juni 1986 (20.06.86) (33) Prioritätsland: DE (71) Anmelder: LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS- GMBH [DE/DE]; Theodor-Stern-Kai 1, D-6000 Frankfurt 70 (DE). (72) Erfinder: HOFMANN, Ernst-Günter ; Rudolf-Kinau- Weg 3, D-2000 Wedel (DE). OFFERMANN, Bernd- Peter ; Gorch-Fock-Strasse 8, D-2000 Hamburg 6 (DE).		(74) Anwälte: LERTES, Kurt usw.; Licentia Patent-Verwal- tungs-GmbH, Theodor-Stern-Kai 1, D-6000 Frank- furt 70 (DE). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (eu- ropäisches Patent), DK, FI, FR (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Pa- tent), NO, SE (europäisches Patent), SU. Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.	
(54) Title: PROCESS FOR SELECTIVE OR SIMULTANEOUS ELIMINATION OF NOXIOUS SUBSTANCES FROM SMOKE GAS THROUGH IRRADIATION OF THE SMOKE GAS WITH ELECTRON-BEAMS (54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR SELEKTIVEN ODER SIMULTANEN ABSCHIEDUNG VON SCHADSTOF- FEN AUS RAUCHGASEN DURCH BESTRAHLUNG DER RAUCHGASE MIT ELEKTRONEN- STRAHLEN (57) Abstract A process for the selective or simultaneous elimina- tion of noxious substances, in particular sulphur oxide and/ or nitrogen oxide, from smoke gas through irradiation of the smoke gas with electron-beams. The process is implemented in successive stages, using at least two stages arranged in line and provided each with an electron accelerator or an electron accelerator head as electron-beam source. The smoke gas is irradiated by partial irradiation doses which when added up give the desired total irradiation dose. The smoke gas is forcibly and thoroughly mixed between the ir- radiation stages. The irradiation chamber of each stage is adapted to the form of the irradiation field, its dimensions being approximately equal to the effective range of the electron-beams used in the irradiation chamber.			
(57) Zusammenfassung Verfahren zur selektiven oder simultanen Abscheidung von Schadstoffen, insbesondere Schwefel- und/oder Stick(stoff)-oxiden aus Rauchgas durch Bestrahlung der Rauchgase mit Elektronenstrahlen. Das Verfahren wird stufen- weise zeitlich nacheinander durchgeführt, wobei mindestens zwei, jeweils eine Verfahrenslinie bildende Stufen verwendet werden, die mit mindestens je einem Elektronenbeschleuniger oder Elektronenbeschleunigerkopf als Elektronenstrahl- quelle ausgerüstet sind. Die Bestrahlung des Rauchgases erfolgt mit Teilbestrahlungsdosen, die als Summe die gewünschte Gesamtbestrahlungsdosis ergeben. Das Rauchgas wird zwischen den Bestrahlungsstufen zwangsweise durchmischt. Die Bestrahlungskammer jeder Stufe wird der Form des Bestrahlungsfeldes angepasst, wobei ihre Abmessungen annähernd gleich der effektiven Reichweite der verwendeten Elektronenstrahlung in der Bestrahlungskammer gewählt werden.			

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FR	Frankreich	ML	Mali
AU	Australien	GA	Gabun	MR	Mauritanien
BB	Barbados	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BE	Belgien	HU	Ungarn	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	IT	Italien	NO	Norwegen
BR	Brasilien	JP	Japan	RO	Rumänien
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SD	Sudan
CG	Kongo	KR	Republik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	SU	Soviet Union
DE	Deutschland, Bundesrepublik	LU	Luxemburg	TD	Tschad
DK	Dänemark	MC	Monaco	TG	Togo
FI	Finnland	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika

- 1 -

"Verfahren zur selektiven oder simultanen Abscheidung von Schadstoffen aus Rauchgasen durch Bestrahlung der Rauchgase mit Elektronenstrahlen"

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Der immer intensiver werdenden Nutzung der Natur und der damit
05 fortschreitenden Belastung mit industriellen Abfällen und
Schadstoffen stehen in zunehmendem Maße Anstrengungen zum Erhalt unserer natürlichen Umwelt gegenüber. Eines der herausragenden Probleme ist hierbei die Belastung von Luft, Wasser und Boden durch Luftschadstoffemissionen von Kraftwerks- und
10 Industriefeuerungen, Verkehr und Haushaltungen. Sie tragen ihren Teil zu dem vieldiskutierten "sauren Regen", dem "Waldsterben" und den sich häufenden "Smog"-Situationen bei. Schwefeloxid (SO) und Stickstoffoxide (NO_x) werden heute hierfür als wesentliche Schadstoffe angesehen. Als Hauptverursacher
15 sind hier Kraftwerks- und Industriefeuerungen zu nennen.

- 2 -

Während bei Großfeuerungsanlagen die Entstaubung der Rauchgase bereits heute weitgehend gelöst ist, stellen die Emissionen von Schwefeloxid (SO_x), insbesondere Schwefeldioxid (SO_2), und Stickoxid (NO_x) noch erhebliche Probleme dar.

05

Ursächlich sind diese Schadstoffe bedingt bei

- o SO_2 : durch den Schwefelgehalt der Brennstoffe
- o NO_x : durch Verbrennungsvorgänge in den Feuerungsanlagen.

10

Maßnahmen zur Reduktion von Schadstoffemissionen müssen daher bei Großfeuerungsanlagen am Brennstoff, der Feuerungsanlage bzw. beim Rauchgas ansetzen. Als primäre Maßnahme kommen die Verwendung schwefelarmer Brennstoffe, die Vorentschwefelung
15 der Brennstoffe und die Verbesserung der Feuerungsanlagen in Betracht. Diese Primärmaßnahmen reichen jedoch nicht aus, um die vorgeschriebenen Grenzwerte zu erreichen. Dieses läßt sich nur durch sekundäre Maßnahmen zur Abgasreinigung, teilweise in Kombination mit Primärmaßnahmen, realisieren. Bei se-
20 kundären Maßnahmen sind die erzeugten Rauchgase selbst dem Reinigungsprozeß unterworfen.

Sekundäre Verfahren zur Rauchgasreinigung sind in vielen Varianten bekannt und z. T. eingeführt.

25

Die zur Abscheidung von SO_x und/oder NO_x führenden Reaktionen lassen sich dabei in folgende Reaktionsstufen einteilen:

- a) Bildung freier Radikale durch Elektronenbestrahlung (und
30 als Folge von Begleitreaktionen)
- b) Oxidation von SO_2 und NO_x
- c) Bildung von H_2SO_4 und HNO_3
- d) Reaktion mit NH_3 zu festen Ammoniumverbindungen.

35 Alternativ wurde auch vorgeschlagen, die Ammoniumverbindungen wieder thermisch aufzuspalten, NH_3 zurückzugewinnen und von

- 9 -

den Endprodukten (O_2 , N_2 , SO_2) das erhaltene Reichgas (SO_2) weiterzuverarbeiten. Auch andere Absorptionsmittel, z. B. $CaO/Ca(OH)_2$, wurden vorgeschlagen bzw. eingesetzt.

- 05 Das Verfahren kann sowohl zur selektiven Abscheidung einer Schadstoffkomponente als auch zur simultanen Abscheidung mehrerer Schadstoffkomponenten, insbesondere SO_x und NO_x , eingesetzt werden.
- 10 Bei einigen bekannten Versuchs- bzw. Pilotanlagen nach dem EBDS-Verfahren wird das Rauchgas bei nur einmaligem Durchgang durch das Bestrahlungsfeld in einer Bestrahlungskammer ein- oder zweiseitig bestrahlt. Hierbei steht die Forderung nach einer möglichst guten Nutzung der eingesetzten Elektronenbe-
- 15 strahlung im allgemeinen der Notwendigkeit einer möglichst wirkungsvollen Umsetzung der Schadgase gegenüber. Letzteres erfordert eine möglichst gleichmässige Bestrahlung des Rauchgases. Beide Forderungen widersprechen sich in der Regel. Bei einseitiger Bestrahlung ist wegen der abnehmenden Intensität
- 20 der Strahlung längs ihrer Ausbreitungsrichtung ein örtlich stark divergierender, in summa schlechter Wirkungsgrad bei der Umsetzung der Schadstoffe erreichbar (z. T. weniger als 50 %).
- 25 Konzeptionell hat man versucht, eine möglichst homogene Bestrahlung der Rauchgase durch Aufbau eines quasihomogenen Bestrahlungsfeldes, das durch Überlagerung der Bestrahlungsfelder zweier oder mehrerer Beschleuniger gebildet wird, zu bewirken. In diesem Sinne hat man auch bei den bisher bekannten
- 30 EBDS-Anlagen versucht, durch paarweisen Einsatz von "Elektronenkanonen" eine möglichst homogene Bestrahlung mit der erforderlichen Dosis zu bewirken. Dies ist jedoch nur mit einer Über- bzw. Unterstrahlung einzelner Partien des Bestrahlungsgutes (Rauchgas) und ebenfalls einem Verlust an Wirkungsgrad
- 35 möglich.

- 4 -

Ausgehend von der Feststellung, daß der Abscheidegrad der Schadstoffe im Rauchgas - besonders aber der der Stickoxide - bei einmaliger Bestrahlung der Rauchgase tendenziell im Bereich niedriger Dosiswerte (≤ 1 Mrad bzw. ≤ 10 Kgray).
05 stark mit der (absorbierten) Dosis zunimmt, dann aber nach weniger starker Zunahme ein Maximum erreicht und dann sogar wieder abnimmt, wurde zur Verbesserung des Abscheidegrades auch eine stufenweise Bestrahlung vorgeschlagen, ohne allerdings gleichzeitig eine optimale Energie- und Strahlnutzung
10 und homogene Bestrahlung des Rauchgases sicherzustellen.

Letzteres ist nicht zuletzt auch eine Frage der wechselseitigen Anpassung von Strahlungsfeld, Rauchgasdurchsatz und Form und Abmessung der Bestrahlungskammer, sowie der Betriebssicherheit
15 und Transparenz der verwendeten Elektronenstrahlaustrittsfenster. Bei den üblicherweise verwendeten Niederenergiebeschleunigern mit Strahlenergien unter etwa 300 KeV kann man aber bekannterweise wegen des sonst starken Energieverlustes nur relativ dünne, mechanisch und thermisch meist instabile
20 Fensterfolien verwenden, die man dann kühlen und stützen muß, z. B. durch eingebaute Stege, Gitter oder Lochplatten. Dies senkt wiederum die Transparenz und damit den Wirkungsgrad der Anordnung. Hinzu kommt, daß diese Fenster (Folien aus Leichtmetall, z. B. Titan oder Titanlegierungen) in der Regel direkt
25 dem bestrahlten Rauchgas und damit seinen die Betriebssicherheit beeinträchtigenden Einflüssen ausgesetzt sind.

Zusammenfassend sind also bei den bisher bekanntgewordenen EBDS-Anlagen und Vorschlägen folgende Nachteile zu vermerken:
30 a) die ungenügende wechselseitige Abstimmung der pro Zeiteinheit anfallenden Rauchgasmenge, Bestrahlungs(Reaktions)kammer-Abmessungen und Form und der Elektronenstrahlenergie und
b) die oft hohen Absorptionsverluste in den Elektronenbeschleuniger- und/oder Bestrahlungskammerfenstern,
35 c) die inhomogene Bestrahlung der Rauchgase beim Durchgang durch die Bestrahlungskammer.

- 5 -

All dies beeinträchtigt den energetisch/strahlentechnischen Wirkungsgrad des Verfahrens und damit seine Wirtschaftlichkeit.

- Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem durch geeignete Verfahrensführung (Schritte), durch geeignete Wahl der Strahlenenergie und durch wechselseitige Anpassung des Strahlenfeldes an Form und Abmessungen der Rauchgaskanäle und Reaktionskammern (Bestrahlungskammern) oben genannte Nachteile vermieden werden und ein optimaler strahlentechnischer Wirkungsgrad sichergestellt wird, was gleichsam zu einer Verringerung des apparativen Aufwands und der einzusetzenden Primärenergie und damit zu einer Optimierung des Verfahrens führt.
- 15 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Verfahrensschritte des Anspruchs 1 gelöst.

Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 bis 14 beschrieben.

20

Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens sind aus den Unteransprüchen 15 bis 27 ersichtlich.

- Da bekannt ist, daß beim EBDG-Verfahren die benötigte Strahlendosis nahezu unabhängig von der Dosisleistung ist und sich durch fraktionierte Bestrahlung die Abscheiderate der Schadstoffe verbessern lässt, wird zur Vermeidung obengenannter Nachteile eine stufenweise Bestrahlung vorgeschlagen, bei der nach dem Erfindungsgedanken die Bestrahlung nacheinander mit Teilbestrahlungsdosen erfolgt, die gewünschte Gesamtbestrahlungsdosis sich als Summe der Teildosen ergibt, das Rauchgas zwischen den Bestrahlungsstufen zwangsweise durchmischt wird und die zu jeder Stufe zugeordnete Bestrahlungskammer der Form des Bestrahlungsfeldes angepasst und ihre Abmessungen annähernd gleich der effektiven Reichweite der verwendeten Elektronenstrahlung in der Bestrahlungskammer ist.
- 25
- 30
- 35

- 6 -

Hierbei sichert die stufenweise Bestrahlung mit Teildosen, die in summa der benötigten Gesamtdosis entsprechen, in Verbindung mit der zwangsweisen Durchmischung zwischen den einzelnen Stufen und der Anpassung der Bestrahlungskammer an Form und Abmessung des jeweiligen Bestrahlungsfeldes einerseits eine maximale Nutzung der Elektronenstrahlung in jeder Einzelstufe, ohne ein homogenes Strahlenfeld erzeugen zu müssen, und liefert andererseits infolge der statistischen Durchmischung zwischen den einzelnen Bestrahlungsstufen mit wachsender Stufenzahl ein zunehmend homogen bestrahltes Rauchgas. Es wird hierdurch eine quasihomogene Bestrahlung bei gleichzeitig besserer Strahlnutzung (Wirkungsgrad auch unter Berücksichtigung der Fensterverluste größer als 75 %) und damit eine Senkung des Energie-Einsatzes und der Kosten ermöglicht.

15

Für eine energetische Optimierung des Verfahrens ist weiterhin von Bedeutung, daß bei allen Rauchgasreinigungsverfahren pro Zeiteinheit relativ große Rauchgasmengen bei Normaldruck anfallen und "verarbeitet" werden müssen. Bei kohlebeheizten Kraftwerken fallen beispielsweise ca. 360.000 cbm Rauchgas stündlich an. Die linearen Abmessungen der Rauchgaskanäle betragen bis zu etwa 5 m. Bei der technischen Realisierung des Elektronenbestrahlungsverfahrens muß die Durchdringungsfähigkeit der erzeugten Elektronenstrahlung und dafür ausschlaggebenden Strahlenergie mit der Dichte des Rauchgases und den Abmessungen der Bestrahlungskammer (Reaktor) abgestimmt werden. Dies erfordert vorteilhaft Anlagen mit Strahlenergien im Bereich 500 bis 1000 KeV.

30 In dem als vorteilhaft genannten Energiebereich von 500 bis 1000 KeV sind die prozentualen Energieverluste im Elektronenstrahlenfenster (bei gleicher Dicke) weitaus geringer als bei Niederenergiebeschleunigern. Im Hinblick auf mechanische Stabilität und thermische Belastbarkeit kann hier das Fenster 35 dicker (etwa $30 \cdot 10^{-3}$ mm Titan oder Titanlegierung) gemacht werden, ohne daß es einer mechanischen, die Transparenz

- 7 -

beeinträchtigenden Abstützung bedarf. Zudem kann es hier vorteilhaft auch noch als Doppelfenster ausgebildet werden, wobei das Kühlmedium (Inertgas oder rauchgasfreie Luft) den Zwischenraum durchströmt, so daß das Strahlaustrittsfenster
05 des Beschleunigers nicht direkt den Einflüssen des mit Schadstoffen und Zusätzen (z. B. Ammoniak) beladenen Rauchgases ausgesetzt ist, was wiederum die Betriebssicherheit des Systems positiv beeinflusst. Ein solches Doppelsystem, bestehend aus zwei Titanfolien mit je $30 \cdot 10^{-3}$ mm Dicke hätte z. B. bei
10 1000 KeV eine Transparenz von ca. 92 %, bei 500 KeV von ca. 80 %, bei 300 KeV jedoch nur ca. 55 % und bei 200 KeV noch ca. 35 %.

Um das Verfahren nach dem Erfindungsgedanken wirksam zu gestalten, sollen mindestens zwei, vorzugsweise jedoch drei oder mehr
15 Stufen in Serie eingesetzt werden und eine Linie bilden, wobei zwischen den Stufen Mittel zur turbulenten Durchmischung des Bestrahlungsgutes vorgesehen sind (z. B. Gebläse, Impeller, Leitbleche).

20

Eine Abart der Durchmischung besteht darin, daß die Medien während der Bestrahlung derart geführt sind, daß Gasvolumina, die bei einer ersten Bestrahlung einer relativ hohen Bestrahlungsdosis ausgesetzt sind, bei einer weiteren Bestrahlung in
25 Bereichen unter der Bestrahlungsquelle hindurchgeführt werden, in denen sie einer geringen Strahlenbelastung ausgesetzt sind, während gleichzeitig Gasvolumina, die bei der ersten Bestrahlung einer relativ niedrigen Bestrahlungsdosis ausgesetzt sind, bei einer weiteren Bestrahlung in Bereichen unter der
30 Bestrahlungsquelle durchgeführt werden, in denen sie einer hohen Strahlenbelastung ausgesetzt sind. Zwischen den einzelnen Bestrahlungsvorgängen kann gleichzeitig noch eine Durchmischung der Teilvolumina stattfinden.

35 Eine Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, daß die erste Bestrahlung mit einer Teildosis von 60 % bis 100 % und die

- 8 -

zweite Bestrahlung mit einer Teildosis von 10 % bis 30 % und umgekehrt durchgeführt wird.

Bei n Teilstufen ($n > 2$) ist das Verfahren analog durchführ-
05 bar, wenn der Bestrahlungskanal jeder der n Stufen in die
Segmente $a_1, a_2 \dots a_n$ aufgeteilt wird und jedes Teilvolumina
beim Durchgang durch die n Stufen von a_1 nach $a_2 \dots$ bis a_n
überwechselt.

10 Auch ist das Verfahren gemäß dem Erfindungsgedanken nicht auf
den an sich bekannten Einsatz von Ammoniak als Absorbens be-
grenzt. Auch andere Stoffe ähnlicher Art wären denkbar, ins-
besondere wenn damit die erforderliche Bestrahlungsdosis ge-
senkt werden kann und/oder andere Reaktionsprodukte erhalten
15 werden sollen. Eine Senkung der Dosis kann auch durch Zugabe
reaktionsbeschleunigender Additive und/oder Wasserzusätze und/
oder zusätzliche elektrische Felder innerhalb der Bestrahlungs-
kammern erreicht werden. In Verbindung mit den oben genannten
Maßnahmen ist damit eine weitere Steigerung der Effizienz und
20 Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gegeben.

In den Figuren 1 bis 8 sind Ausführungsbeispiele von Anlagen
zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt.
Für die einander entsprechenden Bauelemente werden in den ein-
25 zeln Figuren dieselben Bezugszeichen verwendet.

Die aus Figur 1 ersichtliche Anlage weist drei in Serie ge-
schaltete Elektronenbestrahlungseinrichtungen 1 auf, die je-
weils eine Teilbestrahlungsdosis abgeben. Die Teildosen erge-
30 ben in ihrer aufsummierten Wirkung die gewünschte Gesamtbe-
strahlungsdosis, die z. B. auch von fünf einzelnen Elektronen-
bestrahlungseinrichtungen geliefert werden könnte. Nach jeder
Elektronenbestrahlungseinrichtung ist eine Durchmischungsein-
richtung 2 angeordnet, die das bestrahlte Rauchgasgemisch
35 durchmischen. Bevor das Rauchgas in die erste Bestrahlungs-
stufe eintritt, wird es in einer Auffangvorrichtung 3 von

- 9 -

Flugasche gereinigt und in einer Zusatzeinrichtung 4 mit z.B. Ammoniak in vorzugsweise stochiometrischem Verhältnis zu Schwefeldioxid (SO_2) und Stickstoffoxid (NO_x) angereichert. Eine Einrichtung 5 dient zur Temperaturregelung des Gemisches, dem nach Durchlauf der Elektronenbestrahlungs- und Durchmischungseinrichtungen 1 bzw. 2 vor dem Abzug in den mit 6 bezeichneten Schlot in einer Auffangeinrichtung 7 die Reaktionsprodukte (Ammonium-Sulfat/Nitrat) entzogen werden. Hierbei handelt es sich um pulverige Ausfälle.

10

Bei der in Figur 2 dargestellten Anlage erfolgt das Abfangen der Flugasche in der Auffangvorrichtung 3, die Zugabe der Zusätze mittels der Zusatzeinrichtung 4, die Durchmischung in der Durchmischungseinrichtung 2 und die Temperaturregelung mit Hilfe der Einrichtung 5 wiederum am Eingang der Verfahrenslinie. Hingegen wird die Abscheidung der Reaktionsprodukte (pulverige Ausfälle) dezentral nach jeder Bestrahlungs- und Durchmischungsstufe 1 bzw. 2 durch dezentrale Einrichtungen 7 durchgeführt.

20

Gemäß der Ausführungsvariante nach Figur 3 wird die Flugasche am Anfang der Verfahrenslinie abgefangen. Die pulverigen Ausfälle werden am Ende der Verfahrenslinie ausgefällt. Der Zusatz von Zusätzen, z. B. von Ammoniak oder eventuell anderen Stoffen, die Temperaturregelung und die Bestrahlung erfolgen dezentral stufenweise.

25

Wiederum eine andere Variante zeigt Figur 4. Hier wird nur die Flugasche am Eingang der Verfahrenslinie (zentral) abgefangen, während die übrigen Verfahrensschritte modulartig aufgebaut sind und jeweils Zusatzzugabe, Temperaturregelung, Bestrahlungsteil und Abscheidung der pulverigen Ausfälle beinhalten. Die Durchmischung (2) erfolgt zwischen den Modulbausteinen. Es handelt sich praktisch um eine Kombination der Anlagen aus den Figuren 2 und 3.

35

- 10 -

Bei allen Verfahrensvarianten sind selbstverständlich auch die erforderlichen Hilfs- und Meßmittel, z. B. Pumpen, Abscheider, Filter, Temperieraggregate, Meß- und Steuereinrichtungen für die Zusammensetzung des ein- und ausgehenden Rauchgases, die Reaktionstemperatur und die erregelte Zugabe der Zusätze integriert.

Die in den Figuren 1 bis 4 gezeigten Ausführungsbeispiele zeigen Anlagen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wie sie vornehmlich für die simultane Abscheidung von SO_x und NO_x in Betracht kommen. Es ist selbstredend, daß bei Einsatz der in den Figuren 1 bis 4 gezeigten Ausführungsbeispiele zur selektiven Abscheidung von NO_x vor bzw. nach einer Rauchgasentschwefelungsanlage die mit 6 bezeichneten Schlote bzw. die mit 3 bezeichneten Auffangvorrichtungen für Flugasche entfallen können, da diese in der Regel den Entschwefelungsanlagen nach- bzw. vorgeschaltet sind.

Einen speziellen Aufbauvorschlag einer Simultananlage nach dem Erfindungsgedanken für einen Kraftwerksblock $100 \text{ MW}_{\text{el}}$ zeigt Figur 5, wobei die elektrischen Versorgungseinrichtungen mit (5) bezeichnet sind.

Hierbei wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Feuerungsanlage für Steinkohle mit 1 % S-Gehalt
- erzeugte Rauchgasmenge $M = 360.000 \text{ m}^3/\text{h}$
- Wirkungsgrad = 75 %
- Rauchgasdichte $g = 1,3 \text{ kg/m}^3$
- Bestrahlungsdosis $D = 1,5 \text{ Mrad}$

- 17 -

Hieraus ergibt sich die benötigte Strahlleistung L_{100} der Beschleunigeranlage für einen 100 MW_{el} -Block zu

$$L_{100} = \frac{M \cdot Q \cdot D}{360} = \frac{360.000 \cdot 1,3 \cdot 1,5}{0,75 \cdot 360} = 2,6 \text{ MW}$$

05

Für die Bestrahlung werden also 2,6 % der Blockleistung benötigt! Dieses wäre weniger als bei anderen chem.-therm. Rauchgasreinigungsverfahren. Die benötigte Strahlleistung von 2,6 MW könnte z.B. realisiert werden mit drei Bestrahlungsanlagen 800 KV / 1000 KW, von denen jede fünf Be-
10 strahlungsköpfe mit einer Leistung von 800 KV / 250 mA besitzt.

Gemäß der in Figur 5 dargestellten Anlagen können die fünf Bestrahlungsköpfe jeder Teilanlage im Sinne des Erfindungsgedankens in Serie geschaltet werden, wobei zwischen den Stufen durchgemischt wird, sodaß sie eine
15 Teillinie für 1/3 der Rauchgasmenge bilden, d.h. $120.000 \text{ m}^3/\text{h}$. Die drei Teillinien können dann wahlweise wiederum in Serie oder im Parallelbetrieb (wie in Figur 5 dargestellt) gefahren werden, wobei jede Teillinie wahlweise auch unabhängig von den anderen betrieben oder stillgelegt werden kann. Dadurch ist eine individuelle Anpassung an die je-
20 weils gefahrene Last möglich. Primär wird zunächst nur eine Linie eingesetzt; erst dann, wenn bei ausreichender Durchmischung die Kapazität der einen Linie nicht ausreicht, ist es vorgesehen, sukzessiv die anderen einzusetzen.

25 Bei Einsatz der in Figur 5 gezeigten Anlage zur selektiven Entstickung kann wegen der erforderlichen niedrigeren Bestrahlungsdosis (etwa 0,6 Mrad) ein entsprechend größerer Kraftwerksblock (etwa 250 MW_{el}) entstickt werden, bzw. es wird in diesem Fall für den vorstehend genannten Kraftwerksblock von 100 MW_{el} nur eine der drei in Figur 5 gezeigten Teil-
30 anlagen benötigt.

- 12 -

Gemäß der in Figur 5 dargestellten Anlage können die fünf Bestrahlungsköpfe jeder Teilanlage im Sinne des Erfindungsgedankens in Serie geschaltet werden, wobei zwischen den Stufen durchmischt wird, und sie eine Teillinie für $1/3$ der Rauchgasmenge bilden, d.h. $120.000 \text{ m}^3/\text{h}$. Die drei

05 Teillinien können dann wahlweise wiederum in Serie oder im Parallelbetrieb (wie in Figur 5 dargestellt) gefahren werden, wobei jede Teillinie wahlweise auch unabhängig von den anderen betrieben oder stillgelegt werden kann. Dadurch ist eine individuelle Anpassung an die jeweils

10 bei ausreichender Durchmischung der Durchsatz des gereinigten Rauchgases nicht ausreicht, ist es vorgesehen, den Parallelbetrieb durchzuführen.

Der konstruktive Aufbau einer der in Figur 8 beschriebenen drei Teillinien ist beispielhaft in Figur 6 gezeigt.

15

Die Bestrahlungsanlage ist in separaten Räumen 9a und 9b untergebracht, wobei der Rauchgaskanal 10 mit den Bestrahlungskammern (11) und den dazwischens-

liegenden Durchmischungsstufen (2) im eigentlichen Bestrahlungsraum (9b) unterhalb der Erdoberfläche liegt, so daß hier ein Minimum an baulichem

20 Strahlenschutz erforderlich ist. Die Zu- und Abführung der zu behandelnden Rauchgase erfolgt - ebenfalls aus Gründen des Strahlenschutzes - aus den oberirdisch angeordneten üblichen Rauchgaskanälen über labyrinthförmig ausgebildete Schächte (12) mit der für die Streustrahlungsabschirmung erforderlichen Dicke.

25

Außerhalb des Bestrahlungsraumes (9b) sind in dem rauchgaszuführenden Kanal eine Auffangvorrichtung für Flugasche und Staub (3) und eine Einrichtung zur Zugabe von Zusätzen, z.B. H_2O , NH_3 , (4) sowie eine Temperiert-

30 entstendene Reaktionsprodukte, z.B. Ammonium-Sulfat/Nitrat, in der Auffangvorrichtung (7) dem Rauchgas entzogen. Es ist selbstredend, daß die Auffangvorrichtung (3) entfallen kann, falls das zugeführte Rauchgas schon vorher von Flugasche und Staub gereinigt wurde.

35 Zu der in Figur 6 beschriebenen Teillinie besteht die Bestrahlungsanlage beispielhaft aus fünf Stufen mit je einem Bestrahlungskopf (1) üblicher

- 13 -

Bauart (mit Scanner) und einer zentralen elektrischen Versorgungseinheit (8) (z.B. einem Hochspannungskaskadengenerator). Die einzelnen Bestrahlungsköpfe (1) sind äquidistant sternförmig über T-förmige Flansche (13) an die Versorgungseinheit (8) angeflanscht. Ihre äußeren Mäntel bilden einen gemeinsamen - auf Erdpotential liegenden - Druckkessel, der zwecks besserer Isolation, Kühlung und Berührungssicherheit der Hochspannungskomponenten mit Druckgas (z.B. 6 atü Schwefelhexafluorid) gefüllt ist.

Die konzentrische Anordnung der (Hochspannungs-) Versorgungseinheit und der Bestrahlungsköpfe ermöglichen einen platzsparenden, zweckmäßigen und wartungsfreundlichen Aufbau der Anlage.

Die Einstellung, Steuerung und Regelung der elektrischen Parameter (Hochspannung, Strahlstrom usw.) erfolgt für die Anlage zentral und einheitlich.

Der prinzipielle Aufbau einer der fünf Bestrahlungsstufen der in Figur 6 beschriebenen Teillinie wird in Figur 7a und der zugeordneten Seitenansicht 7b gezeigt.

Der Bestrahlungskopf (1) besteht hier aus einer evakuierten, vielstufigen Beschleunigeröhre (14) mit einer auf negativem Hochspannungspotential (gegen Erde) angeordneten Elektronenkanone (15). In ihr werden die Elektronen erzeugt und unter Einwirkung der anliegenden Gleichspannung von vorzugsweise 600 bis 1000 kV auf die dementsprechende Energie (600 bis 1000 keV) beschleunigt. Die Hochspannungspole (16) der einzelnen Beschleunigeröhren sind bei dieser Anordnung durch konzentrisch innerhalb der flanschartigen, mit Druckgas isolierten, Verbindungen (13) liegenden Zuführungen (17) mit dem Hochspannungspol der nicht gezeigten Versorgungseinheit (8) verbunden. Bei dieser Anordnung werden die bei anderen Ausführungen oft störungsempfindlichen Kabelverbindungen vermieden und im genannten Spannungsbereich ein Höchstmaß an Betriebssicherheit erreicht.

Die in der Elektronenkanone (15) erzeugten, in der Beschleunigeröhre (14) beschleunigten Elektronenstrahlen (18) werden mittels eines Ablenkmagneten (19)

- 24 -

im Scanner (20) aufgefächert. Die aufgefächerten Elektronenstrahlen (18a) treten dann durch ein für Elektronenstrahlen weitgehend transparentes dünnes Fenster (21), vorzugsweise aus einer 15 - 30 m μ dicken Folie aus Titan oder einer Titanlegierung, in den Zwischenraum (22) und nach Durchdringen eines benachbarten zweiten Fensters (23) etwa gleicher Transparenz in die in den Rauchgaskanal integrierte Bestrahlungskammer (11) ein.

Das Doppelfenster wird im Zwischenraum (22) zwischen beiden Fenstern (21) und (23) durch einen Gasstrom (24), vorzugsweise einem Inertgas oder durch einen rauchgasfreien Luftstrom, gekühlt, im die durch teilweise Absorption der Elektronen im Fenstermaterial entstehende Wärme abzuführen. Dabei können an die Bestrahlungskammer (11) abschließenden Fenster (23), das keine (wesentliche) Druckdifferenz aufzunehmen hat, Vorrichtungen (25) vorgesehen werden, um es kontinuierlich oder diskontinuierlich während des Betriebes und/oder in Betriebspausen zu reinigen und/oder zu erneuern. Derartige Vorrichtungen (25) können z.B. aus ablaufenden oder reversierenden Auf- und Abwicklern mit Abstreifvorrichtung bestehen.

Wird ein rauchgasfreier Luftstrom zur Kühlung verwendet, so kann er nach passieren des Zwischenraumes (22) in den Eingang der Bestrahlungskammer (11) zurückgeführt werden, damit die durch Wechselwirkung mit der Elektronenstrahlung entstandenen Reaktionsprodukte, insbesondere Ozon, die direkte Elektronenstrahlwirkung im Rauchgas verstärken.

Der Vorteil dieser Anordnung gegenüber bekannten Fensteranordnungen besteht darin, daß

- das den evakuierten Scanner (20) abschließende, unter einer Druckdifferenz von etwa 1 atü stehende Fenster (21) nicht dem direkten Einfluß des Rauchgases (26) ausgesetzt ist und somit Korrosionseinflüsse und Ablagerungen vermieden werden,
- das die Bestrahlungskammer (11) abschließende Fenster (23) gereinigt und/oder erneuert werden kann,
- aufgrund der Luftkühlung die Energieverluste im Doppelfenstersystem bei den in Betracht kommenden Elektronenenergien (600 bis 1000 keV) klein gehalten werden können (z.B. unter 15 %) und

- 25 -

- mechanisch empfindlichere Fenster mit hohen Verlustraten, wie sie beispielsweise als Einfachfenster mit Stegunterstützung, teilweise mit Wasserkühlung für Elektronenstrahlen mit Energien kleiner als 500 keV eingesetzt werden, vermieden werden können.
- 05 Auch hieraus resultieren wiederum Lebensdauer, Betriebssicherheit und Effizienz der Vorrichtung.

Die nach Durchtritt durch das Doppelfenstersystem in die Bestrahlungskammer (11) eintretenden energiereichen Elektronenstrahlen treten hier bei gleich-
10 zeitiger Aufstreuung mit dem Rauchgas und seinen Schadstoffen und Zusätzen in Wechselwirkung und verlieren dabei sukzessiv ihre Energie. Die Energieverteilung im dabei entstehenden dreidimensionalen Strahlenfeld, gekennzeichnet durch seine Isodosenverteilung (27), ist durch die Geometrie (in Figur 10 z.B. durch die Auffächerung) der primären Elektronenstrahlung,
15 ihrer energieabhängigen Restreichweite R_R bei Austritt aus dem Doppelfenstersystem und der ebenfalls energieabhängigen Aufstreuung vorgegeben. Während die Restreichweite R_R mit wachsender Energie der (primären) Elektronenstrahlung zunimmt, wird die Aufstreuung mit wachsender Energie geringer. Dementsprechend ergeben sich bei unterschiedlichen primären Elektronenenergien
20 (Beschleunigungsspannungen) unterschiedliche Feldverteilungen (Isodosen) der in Figur 10 skizzierten Art.

Damit gemäß dem Erfindungsgedanken einerseits ein möglichst-großer Teil des Strahlenfeldes für die Bestrahlung des Rauchgases genutzt werden kann, andererseits aber der Rauchgaskanal und die Bestrahlungskammer (11) nicht un-
25 nötig groß gemacht werden sollen, werden Form und Größe der Bestrahlungskammer (11) so bemessen, daß sie das Strahlenfeld räumlich möglichst vollständig, vorzugsweise aber mindestens die 5 %-Isodosen-Kennlinie umschließt, wobei gleichzeitig ein Zusammenwirken mit der Temperiertvorrichtung (5) die
30 Wandung der Bestrahlungskammer (11) entsprechend der günstigsten Reaktionstemperatur des Rauchgases temperiert wird. Auf diese Weise wird eine hohe Nutzung der in die Bestrahlungskammer eingestrahnten Elektronenstrahlung bei allerdings inhomogener Dosisverteilung im durchströmenden Rauchgas erzielt.



- 16 -

Eine Homogenisierung der Dosisverteilung im Rauchgas wird nach dem Erfindungsgedanken dadurch erzielt, daß mehrere derartige Bestrahlungsstufen zu einer (Teil) Linie in Reihe betrieben werden, wobei das durchströmende Rauchgas zwischen den Stufen durchmischt wird, und die Soll-Bestrahlungsdosis der (Teil) Linie sich aus der (mehrfach gefalteten) Wirkung der Einzelstufen ergibt.

Die Durchmischung selbst kann dabei auf unterschiedliche Weise erfolgen. Figur 8 gibt hierfür die Beispiele a, b und c. Die Abbildungen stellen im Prinzip einen Schnitt längs der Linie E - F der Figur 6 dar. Der Einfachheit halber sind jedoch nur drei (der fünf in Figur 6 gezeigten) Bestrahlungsköpfe (1) dargestellt. In Figur 8 strömt das zu bestrahlende Rauchgas (26) von der linken Bildseite durch die Zusatz- und Temperiereinrichtung (4, 5) durch den labyrinthartigen Kanal (12) in die unterirdisch liegende Bestrahlungszone mit den drei Bestrahlungskammern (11) und gelangt über einen weiteren labyrinthartigen Kanalabschnitt (12) in die Auffangvorrichtung (7) und von dort weiter (in den nicht dargestellten Kamin). Zwischen den drei Bestrahlungskammern wird das Rauchgas in zwei Durchmischungsstufen durchmischt.

In Beispiel 8a bestehen die Durchmischungsstufen aus (rotierenden) Gebläsen (28). In Beispiel 8b wird die Durchmischung durch eine (Turbulenzen erzeugende) Gestaltung des Rauchgaskanals zwischen den Bestrahlungskammern (1), z.B. durch mehrfach geknickte Kanalabschnitte (29) erzielt. In Beispiel 8c sind schließlich zusätzlich noch Stau- und/oder die Strömungsrichtung bestimmenden Elemente (30), z.B. spezielle Gitter oder Lamelleneinsätze, zur Durchmischung vorgesehen.

Es ist selbstverständlich, daß derartige Durchmischungshilfen einzeln für sich oder auch kombiniert eingesetzt werden können.

-17-

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur selektiven oder simultanen Abscheidung von Schadstoffen, insbesondere Schwefel- und/oder Stick(stoff)-oxiden aus Rauchgas durch Bestrahlung der Rauchgase mit Elektronenstrahlen, wobei das Verfahren stufenweise zeitlich nacheinander durchgeführt wird, und wobei mindestens zwei, jeweils
- 05 eine Verfahrenslinie bildende Stufen verwendet werden, die mit mindestens je einem Elektronenbeschleuniger oder Elektronenbeschleunigerkopf als Elektronenstrahlquelle ausgerüstet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestrahlung des Rauchgases
- 10 stufenweise nacheinander mit Teilbestrahlungsdosen erfolgt, die als Summe die gewünschte Gesamtbestrahlungsdosis ergeben, daß das Rauchgas zwischen den Bestrahlungsstufen zwangsweise durchmischt wird, und daß die Bestrahlungskammer jeder Stufe der Form des Bestrahlungsfeldes angepasst und ihre Abmessungen
- 15 annähernd gleich der effektiven Reichweite der verwendeten Elektronenstrahlung in der Bestrahlungskammer gewählt werden.

-18-

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Zusätze nach Abzug der Flugasche, Staub und Partikel vor den Bestrahlungsstufen zentral zugegeben werden.
- 05 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Zusätze nach Abzug der Flugasche, Staub und Partikel vor jeder der einzelnen Bestrahlungsstufen dezentral zugegeben werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,
10 daß die Zusätze teilweise reaktionsbeschleunigende Stoffe enthalten.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abscheidung der Reaktionsprodukte am Ende der Verfahrenslinie
15 vor dem Einblasen in den Kamin (Schlot) zentral durchgeführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abscheidung der Reaktionsprodukte nach jeder Bestrahlungsstufe
20 dezentral durchgeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Rauchgas zwischen den Bestrahlungsstufen durch statische Mittel turbulent durchmischt wird.
- 25 8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Rauchgas zwischen den Bestrahlungsstufen durch dynamische Mittel durchmischt wird.
- 30 9. Verfahren nach Anspruch 1, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Medien während der Bestrahlung derart geführt sind, das Gasvolumina, die bei einer ersten Bestrahlung einer relativ hohen Bestrahlungsdosis ausgesetzt sind, bei einer weiteren Bestrahlung in Bereichen unter der Bestrahlungsquelle hindurchgeführt werden, in denen sie einer geringen Strahlenbelastung
35 ausgesetzt sind.

- 19 -

10. Verfahren nach Anspruch 1, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Medien während der Bestrahlung derart geführt sind, daß Gasvolumina, die bei einer ersten Bestrahlung einer relativ geringen Bestrahlungsdosis ausgesetzt sind, bei einer
05 weiteren Bestrahlung in Bereichen unter der Bestrahlungsquelle hindurchgeführt werden, in denen sie einer hohen Strahlenbelastung ausgesetzt sind.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet,
10 daß die erste Bestrahlung mit einer Teildosis von 60 % bis 100 % und die zweite Bestrahlung mit einer Teildosis von 10 % bis 30 % durchgeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die
15 Bestrahlungskammern das Strahlenfeld räumlich möglichst vollständig, vorzugsweise aber mindestens ihre 5 %-Isodosenkennlinie, umschließen.

13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die
20 Energie der verwendeten Elektronenstrahlung mindestens 500 keV beträgt.

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die
Energie der verwendeten Elektronenstrahlung vorzugsweise im
25 Bereich 600 bis 1000 keV verwendet wird.

15. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eine Durchmischungseinrichtung (2) einer Auffangvorrichtung
30 (3) für Flugasche und einer Zusatzeinrichtung (4), der mindestens zwei Elektronenbestrahlungseinrichtungen (1) in Serie nachgeordnet sind, zugeordnet ist, und daß sich an die serien-
geschalteten Elektronenbestrahlungseinrichtungen (1) eine die Reaktionsprodukte aufnehmende Auffangeinrichtung (7) und ein
35 Schlot nachgeordnet sind (Fig. 1).

-20 -

16. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß sich an eine Auffangvorrichtung (3) für Flugasche und an eine Zusatzeinrichtung (4) mindestens zwei Bestrahlungsstufen anschließen, die jeweils eine Elektronenbestrahlungseinrichtung (7), eine Durchmischungseinrichtung (2) und eine Auffangeinrichtung (7) für die Reaktionsprodukte aufweisen, und daß die letzte Auffangeinrichtung (7) direkt an den Schlot (6) angeschlossen ist (Fig. 2).

10

17. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß einer Auffangvorrichtung (3) für Flugasche eine mindestens zweistufige Bestrahlungsanordnung nachgeordnet ist, daß jede Stufe eine Zusatzeinrichtung (4), eine Temperaturregeleinrichtung (5) und eine Elektronenbestrahlungseinrichtung (1) aufweist, daß zwischen den Stufen eine Durchmischungseinrichtung (2) vorgesehen ist, und daß die letzte Stufe an eine Auffangvorrichtung (7) für die Reaktionsprodukte mit nachgeordnetem Schlot (6) angeschlossen ist (Fig. 3).

20

18. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß einer mindestens zweistufigen Bestrahlungsanlage eine Auffangvorrichtung (3) für Flugasche vorgeschaltet und ein Schlot (6) nachgeschaltet sind, und daß jede Stufe der Bestrahlungsanlage aus einer Elektronenbestrahlungseinrichtung (1), einer Durchmischungseinrichtung (2), einer Zusatzeinrichtung (4), einer Temperaturregeleinrichtung (5) und einer Auffangeinrichtung (7) für die Reaktionsprodukte besteht (Fig. 4).

30

19. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 15, 16, 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Fenstersystem aus zwei für Elektronenstrahlen weitgehend transparenten Fenstern besteht, von denen das eine die Beschleunigerröhre gegen den Außenraum und die andere die Bestrahlungskammer

35

- 21 -

abschließen, beide Fenster in Richtung der primären Elektronenstrahlen in Reihe angeordnet sind und der Zwischenraum mit einem durchströmten Gas gekühlt wird (Fig. 7a und 7b).

05 20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenraum zwischen beiden Fenstern mit einem Inertgas (z.B. N_2) gekühlt wird.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß
10 der Zwischenraum zwischen beiden Fenstern mit einem rauchgasfreien Luftstrom gekühlt wird.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß
15 der Luftstrom nach Passieren des Zwischenraumes zwischen beiden Fenstern in den Eingang der zugehörigen Bestrahlungskammer geführt wird und seine durch Wechselwirkung mit der Elektronenstrahlung entstandenen Reaktionsprodukte den Abscheideeffekt im Rauchgas verstärken.

20 23. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens das die Beschleunigeröhre abschließende Fenster aus einer 15 bis 40 m μ dicken Folie aus Titan oder einer Titanlegierung besteht.

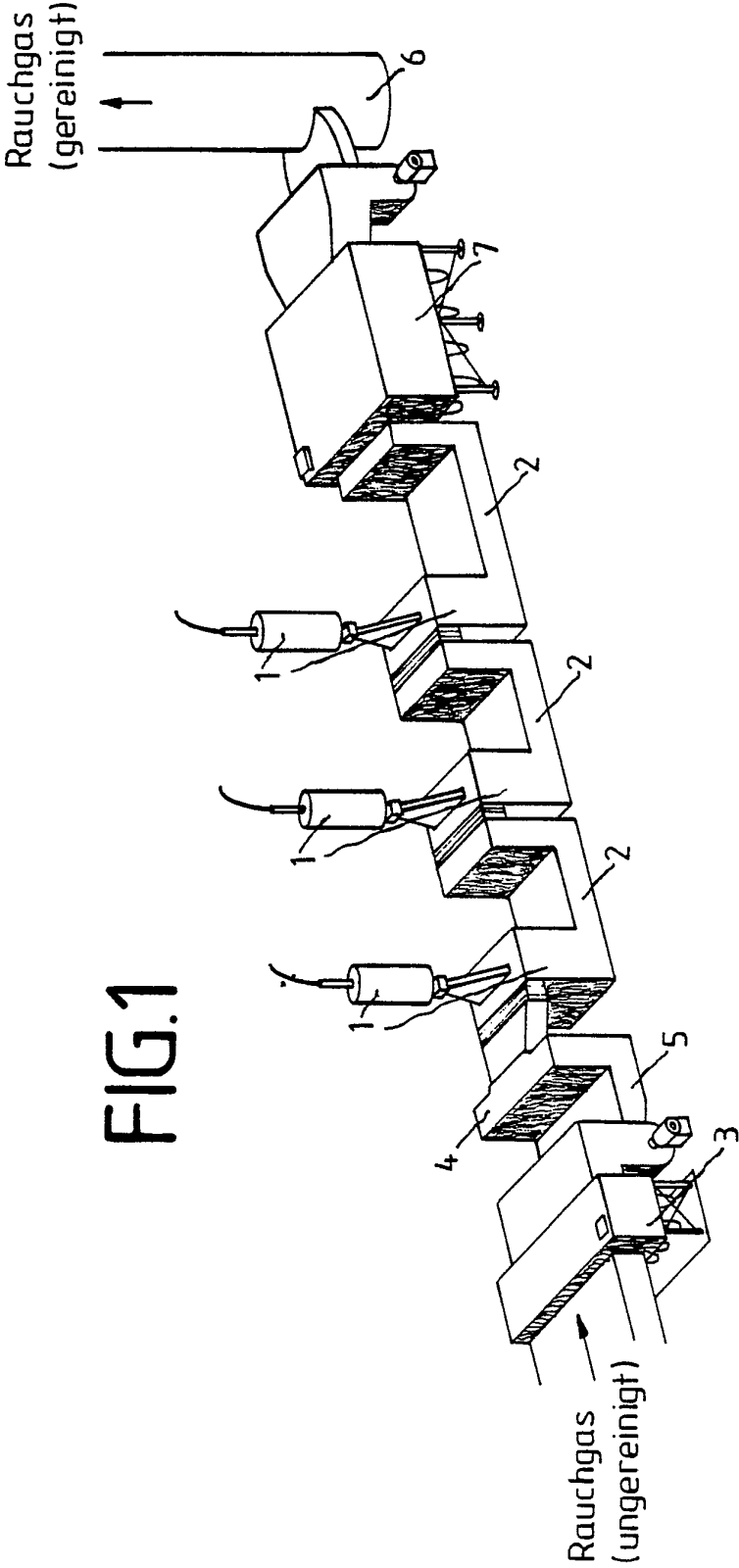
25 24. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß das die Bestrahlungskammer abschließende Fenster aus einer 15 bis 40 m μ dicken Folie aus Titan oder einer Titanlegierung, bzw. aus einer anderen Metallfolie (z.B. Aluminium) mit entsprechender Transparenz für die Elektronenstrahlen
30 besteht.

25. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß das die Bestrahlungskammer abschließende Fenster mit Vorrichtungen versehen ist, um es kontinuierlich oder dis-
35 kontinuierlich während des Betriebes und/oder in Betriebspausen zu reinigen und/oder zu erneuern.

- 22 -

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung aus ablaufenden oder reversierenden Auf- und Abwicklern mit Abstreifvorrichtungen besteht.

- 05 27. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 15, 16, 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestrahlungsanlage aus mindestens zwei Bestrahlungsköpfen und einer zentralen elektrischen Versorgungseinheit besteht, wobei die Bestrahlungsköpfe äquidistant über T-förmige Flansche an die
- 10 Versorgungseinheit angeflanscht sind, ihre äußeren Mäntel mit dem der Versorgungseinheit einen gemeinsamen Druckkessel bilden und die Hochspannungspole der Beschleunigerköpfe mit dem der Versorgungseinheit über konzentrisch innerhalb der T-förmigen Flansche liegenden Zuführungen verbunden sind (Fig. 6).



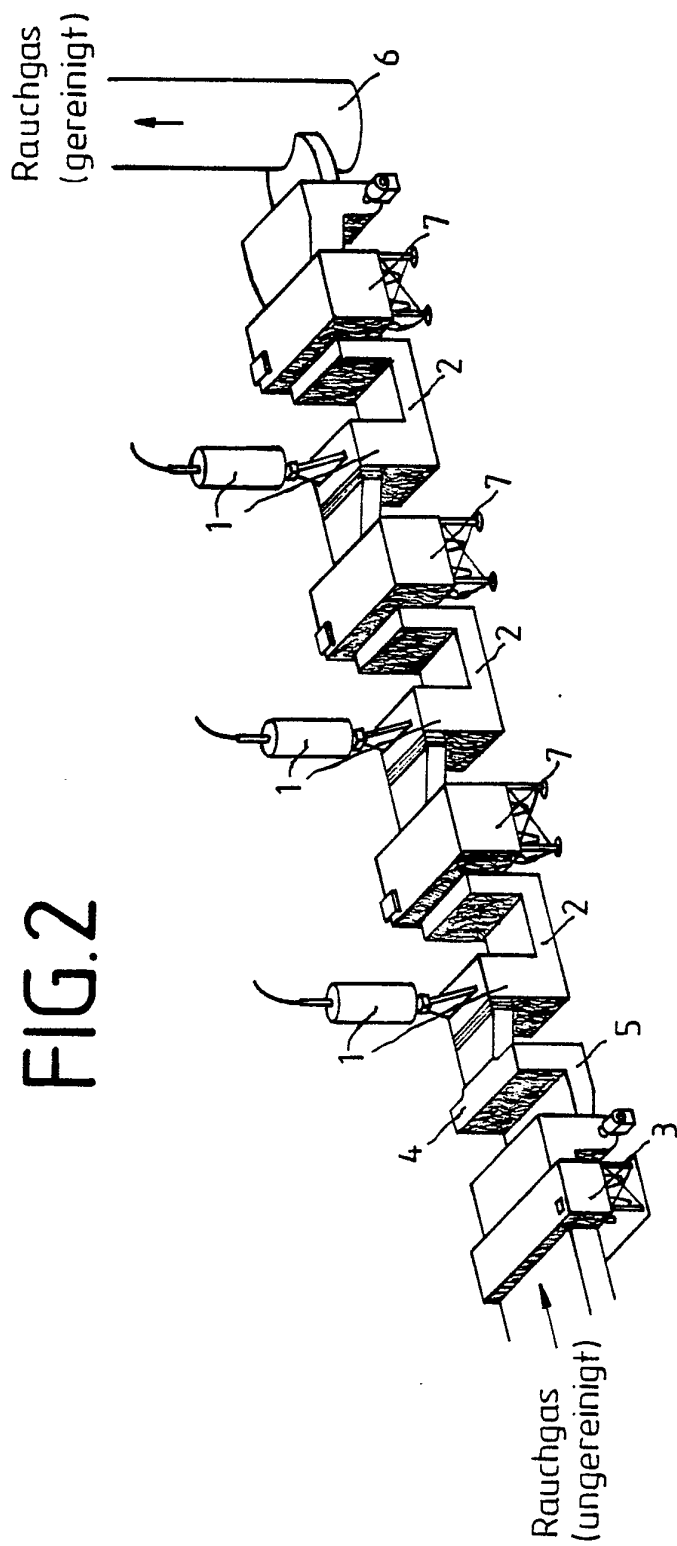
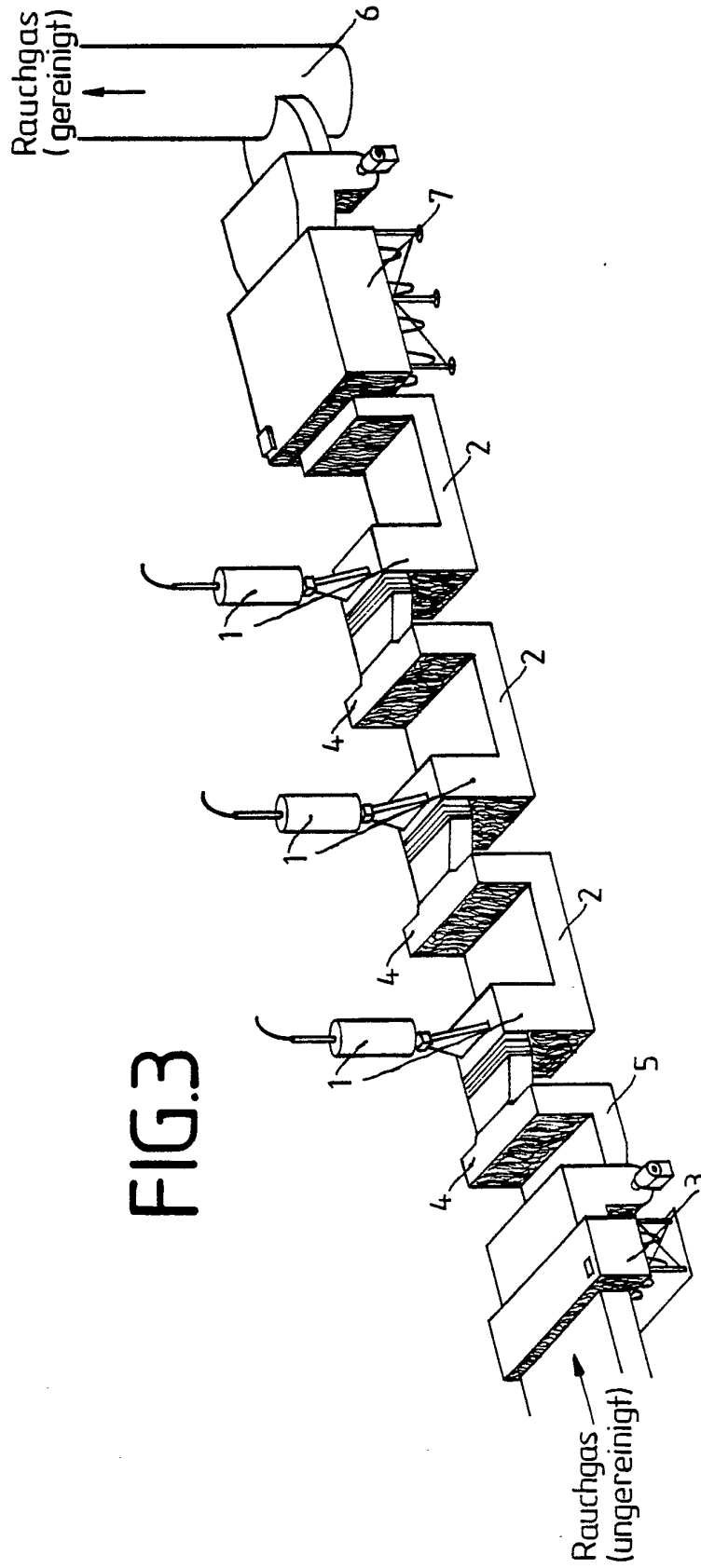


FIG.3



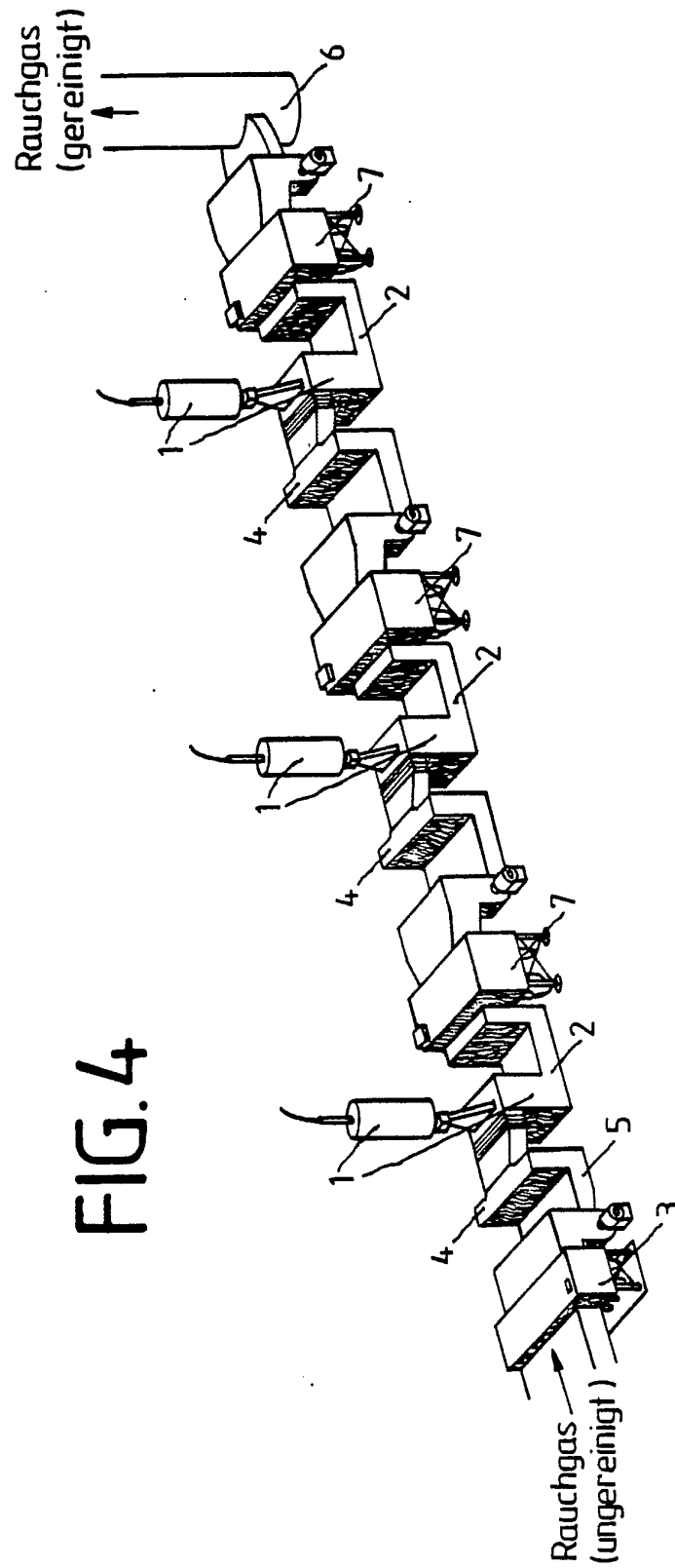
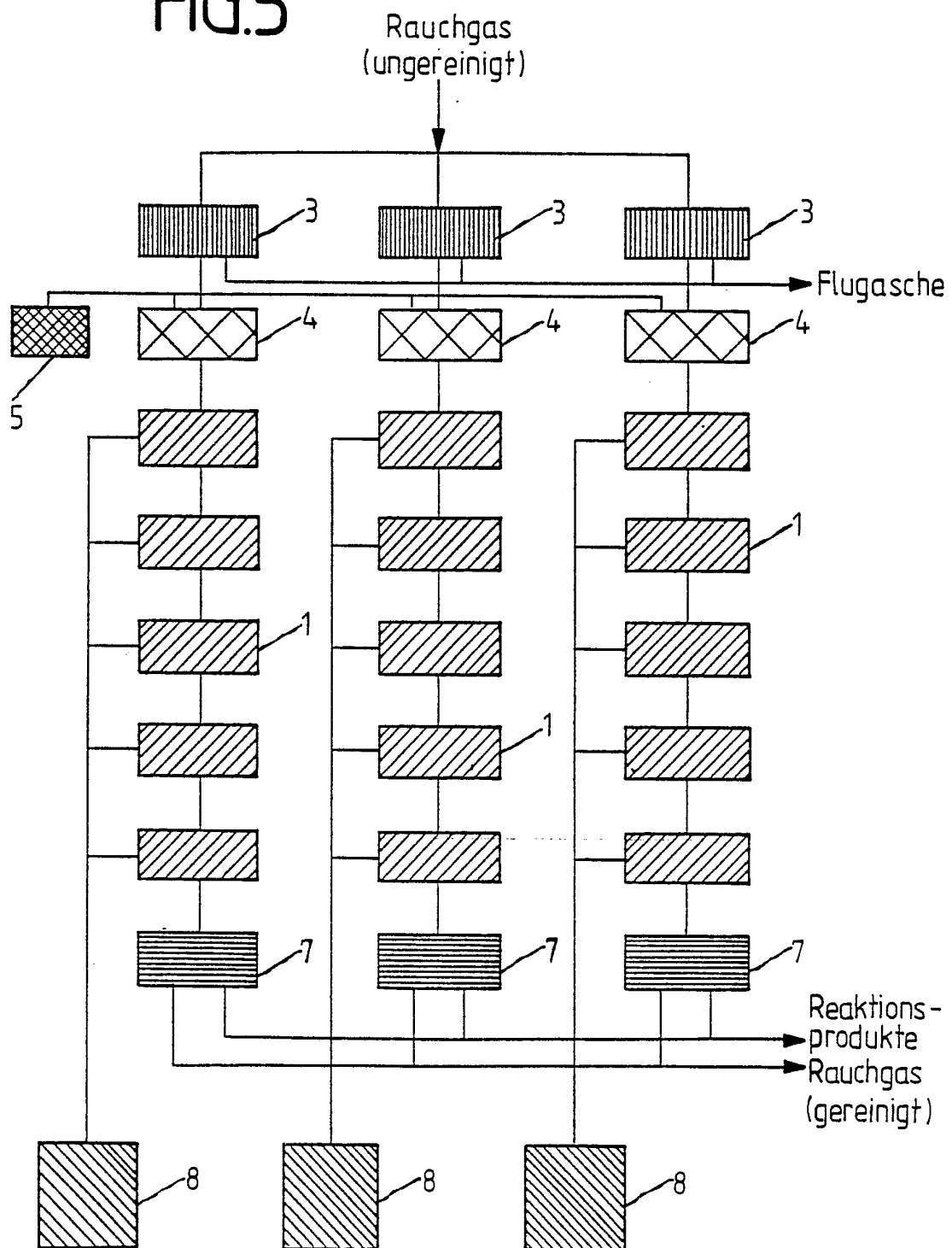
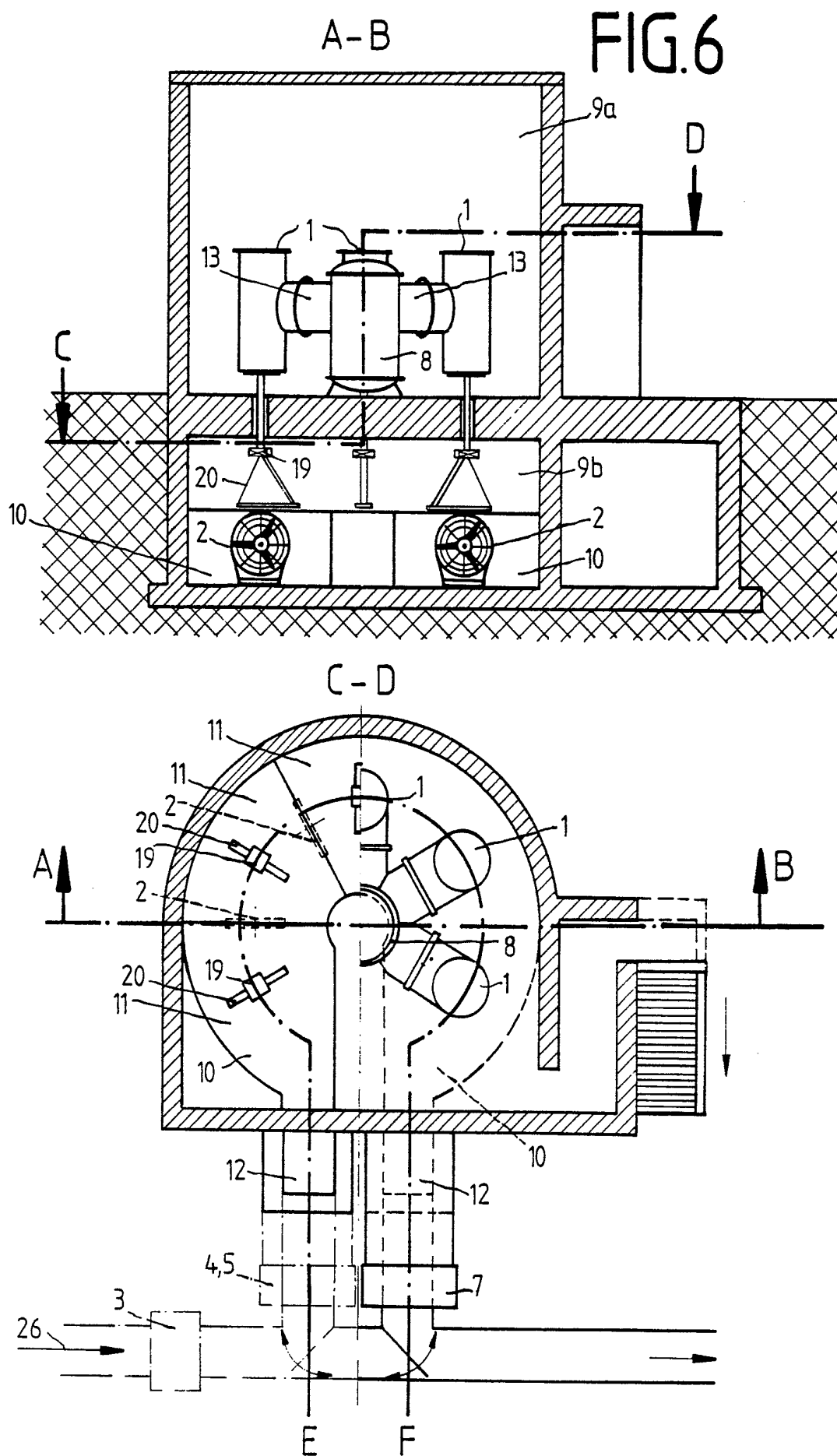


FIG.5





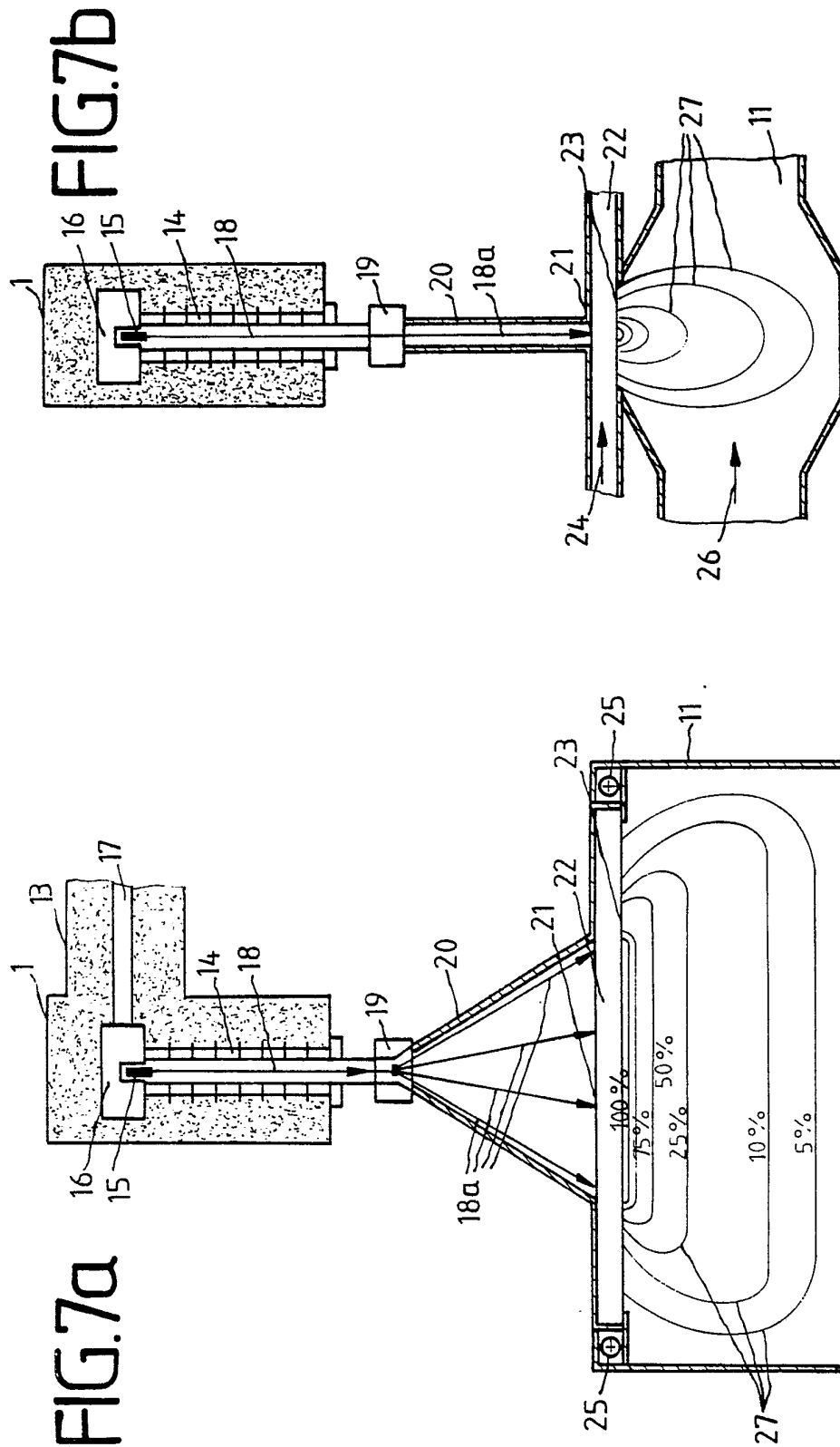


FIG.8a

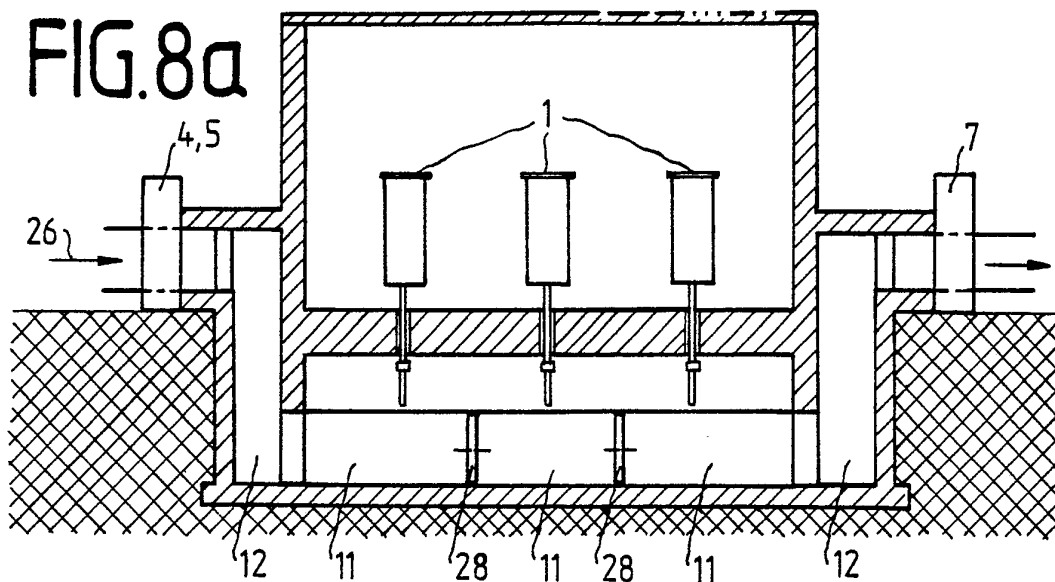


FIG.8b

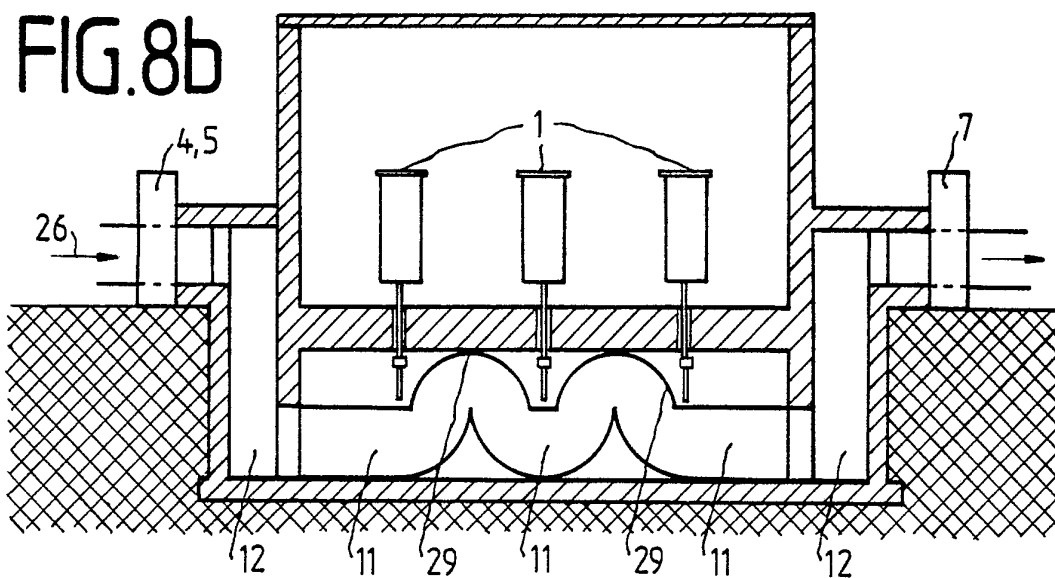
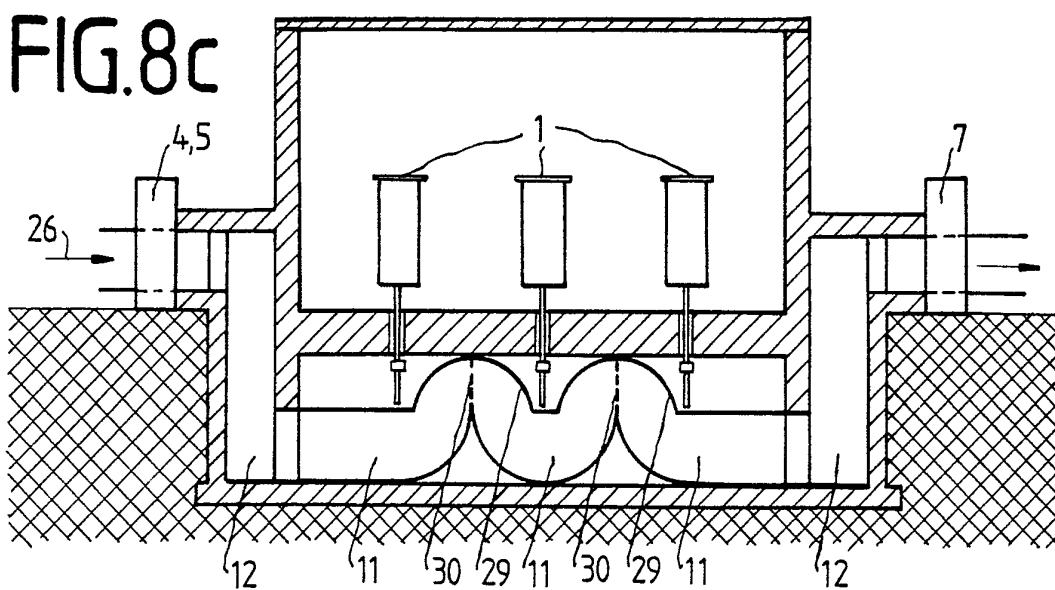


FIG.8c



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 86/00549

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl. ⁴ B 01 D 53/34		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int. Cl. ⁴	B 01 D 53/00; B 01 J 19/00	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched *		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT *		
Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
Y	US, A, 4435260 (YAMADA KOICHI) 6 March 1984 see the whole document	1
A		2, 3, 5, 6, 11, 15-18
Y	US, A, 4396580 (R.M. PATRICK) 2 August 1983 see claims 1, 3-7; figure 5	1
A		7, 12
A	DE, A, 3403726 (POLYMER PHYSIK) 8 August 1985 see pages 4-6	1, 8, 12-14, 19 20, 23, 24
A	FR, A, 2213795 (EBARA MANUFACTURING CO.) 9 August 1974	
		
* Special categories of cited documents: ¹⁰ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
3 December 1986 (03.12.86)	16 January 1987 (16.01.87)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
EUROPEAN PATENT OFFICE		

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON

INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/EP 86/00549 (SA 14543)

This Annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 12/12/86

The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

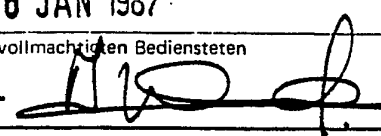
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A- 4435260	06/03/84	JP-A- 57007231	14/01/82
US-A- 4396580	02/08/83	JP-A- 57174133	26/10/82
		CA-A- 1175950	09/10/84
DE-A- 3403726	08/08/85	JP-A- 60179123	13/09/85
		US-A- 4595569	17/06/86
FR-A- 2213795	09/08/74	NL-A- 7400327	15/07/74
		DE-A,C 2401316	12/09/74
		US-A,B 3869362	04/03/75
		AU-A- 6419374	10/07/75
		GB-A- 1462721	26/01/77
		CA-A- 1016895	06/09/77
		GB-A- 1462722	26/01/77
		JP-A- 49093268	05/09/74
		SE-B- 411658	28/01/80
		DE-A- 2463434	13/06/85
		JP-A- 49095866	11/09/74
		DE-C- 2463433	11/09/86
		JP-A- 49096975	13/09/74
		US-A- 3997415	14/12/76
		JP-A- 49113763	30/10/74
		US-A,B 4004995	25/01/77
		JP-A- 49113764	30/10/74
		JP-A- 49113765	30/10/74
		JP-A- 50040460	14/04/75
		JP-A- 50040461	14/04/75
		JP-A- 50040462	14/04/75
		JP-A- 50040463	14/04/75
		JP-A- 50057066	19/05/75
		SE-A- 7709630	26/08/77

For more details about this annex :
see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen **PCT/EP 86/00549**

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int. Cl. 4 B 01 D 53/34		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int. Cl. 4	B 01 D 53/00; B 01 J 19/00	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
Y	US, A, 4435260 (YAMADA KOICHI) 6. März 1984, siehe das ganze Dokument	1
A	--	2, 3, 5, 6, 11, 15-18
Y	US, A, 4396580 (R.M. PATRICK) 2. August 1983, siehe Ansprüche 1, 3-7; Figur 5	1
A	--	7, 12
A	DE, A, 3403726 (POLYMER PHYSIK) 8. August 1985, siehe Seiten 4-6	1, 8, 12-14, 19, 20, 23, 24
A	FR, A, 2213795 (EBARA MANUFACTURING CO.) 9. August 1974	

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰: "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
3. Dezember 1986		16 JAN 1987
Internationale Recherchenbehörde		Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten
Europäisches Patentamt		M. VAN MOL 

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE

INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR. PCT/EP 86/00549 (SA 14543)

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben. Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 12/12/86

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A- 4435260	06/03/84	JP-A- 57007231	14/01/82
US-A- 4396580	02/08/83	JP-A- 57174133	26/10/82
		CA-A- 1175950	09/10/84
DE-A- 3403726	08/08/85	JP-A- 60179123	13/09/85
		US-A- 4595569	17/06/86
FR-A- 2213795	09/08/74	NL-A- 7400327	15/07/74
		DE-A,C 2401316	12/09/74
		US-A,B 3869362	04/03/75
		AU-A- 6419374	10/07/75
		GB-A- 1462721	26/01/77
		CA-A- 1016895	06/09/77
		GB-A- 1462722	26/01/77
		JP-A- 49093268	05/09/74
		SE-B- 411658	28/01/80
		DE-A- 2463434	13/06/85
		JP-A- 49095866	11/09/74
		DE-C- 2463433	11/09/86
		JP-A- 49096975	13/09/74
		US-A- 3997415	14/12/76
		JP-A- 49113763	30/10/74
		US-A,B 4004995	25/01/77
		JP-A- 49113764	30/10/74
		JP-A- 49113765	30/10/74
		JP-A- 50040460	14/04/75
		JP-A- 50040461	14/04/75
		JP-A- 50040462	14/04/75
		JP-A- 50040463	14/04/75
		JP-A- 50057066	19/05/75
		SE-A- 7709630	26/08/77

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang :
siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr. 12/82