(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 693 34 118 T2** 2007.08.30

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 629 145 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **693 34 118.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US93/12153**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **94 903 636.2**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1994/014531**
(86) PCT-Anmeldetag: **14.12.1993**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **07.07.1994**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.12.1994**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **28.02.2007**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **30.08.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***B01J 19/08*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
992614 **18.12.1992** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, DK, ES, FR, GB, IT, NL

(73) Patentinhaber:
Zapit Technology, Inc., Santa Clara, Calif., US

(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80538 München

(72) Erfinder:
SCHONBERG, Peter R., Scotts Valley, CA 95066, US; HOBERG, George G., Atherton, CA 94027, US; SCHONBERG, Russell George, Los Altos Hills, CA 94022, US; FADNESS, David Richard, San Jose, CA 95136-2031, US

(54) Bezeichnung: **TRAGBARES ELEKTRONENSTAHLSYSTEM UND VERFAHREN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft im Allgemeinen das Verarbeiten und/oder chemische Umwandeln von Gasen, Dämpfen, Aerosolen und suspendierten Feststoffpartikeln unter Verwendung von Elektronenstrahlen. Diese Begriffe werden untereinander austauschbar hier verwendet und es sollte daher sich verstehen, dass, falls das Wort Gas in der Beschreibung oder in den Ansprüchen verwendet wird, es so beabsichtigt ist, dass es Gas oder Gase, Dampf oder Dämpfe, Aerosol oder Aerosole bzw. suspendierte Feststoffteilchen bedeuten soll. Insbesondere betrifft diese Erfindung ein transportables System zur Umwandlung von toxischem Abfall, speziell volatilen organischen Verbindungen in umweltverträgliche Verbindungen oder Elemente.

[0002] Als Produkte und Nebenprodukte von industriellen Prozessen kontaminieren organische Verbindungen unsere Luft, Abwasser und Grundwasser. Industrielle Prozesse schreiten voran bei der Erzeugung von toxischen organischen Verbindungen, wodurch sie zur existierenden Verunreinigung beitragen. Toxische Substanzen, erzeugt durch Müllverbrennungen, Drehofen und Bioreaktoren sind auch hauptsächliche Quellen der Verunreinigung. Die Erkenntnis dieses Problems hat zur Entwicklung von verschiedenen Extraktionen, Kollektionen und Entsorgungsverfahren geführt, um die Effekte der vergangenen Kontamination umzukehren und die weitere Kontamination der Umwelt zu reduzieren.

[0003] Luftstrippen und Vakuumextraktion sind Dispersionstechnologien, welche Verunreinigungen aus Schlamm und Grundwasser extrahieren. Jedoch ist es unter Umweltgesichtspunkten unerwünscht, Verunreinigungen direkt an der Atmosphäre zu entlüften. Das Verarbeiten von Verunreinigungen vor der Freisetzung oder dem Wegwerfen ist vonnöten und wird in diese Erfindung, wie unten diskutiert werden wird, adressiert.

[0004] Kohlenstoffreduktion ist eine Sammlungstechnologie, in welcher Verunreinigungen durch Kohlenstoff- (oder andere Adsorbat-) gefüllte Kanister passiert werden, um Verunreinigungen zu adsorbieren. In Wiederaufarbeitungssystemen zur Entfernung von volatilen organischen Verbindungen aus Schlamm und Grundwasser können Verunreinigungen entfernt werden aus dem Boden oder Grundwasser durch Vakuumextraktion oder Luftstrippen. In Abfluss-Behandlungs-Systemen, die sich typischerweise in Raffinerien oder chemischen Fabriken finden, können Verunreinigungen Abfall eines industriellen Prozesses sein. In diesen unterschiedlichen Systemen werden volatile organische Verunreinigungen auf Kohlenstoff adsorbiert, während die verbleibenden Reste der extrahierten Luft, des Dampfes oder des Prozess-Abflusses in die Umgebung freigesetzt werden, zusammen mit irgendwelchen Verunreinigungen, die durch den Kohlenstoff nicht entfernt werden. Kohlenstoffkanister mit adsorbierten toxischen Substanzen stellen ein Entsorgungsproblem wiederum per se dar, welches darüber hinaus kompliziert ist aufgrund des Transportproblems, da Kanister in ein Behandlungsgebäude bewegt werden müssen. Darüber hinaus ist das Lagern der adsorbierten toxischen Substanzen, entweder immobil an einem einzelnen Ort oder mobil, nicht universell effektiv, da einige volatile organische Verbindungen und andere Gifte geringe Adsorptivität aufweisen.

[0005] Müllverbrennung ist eine Technik, die verwendet wird, um Verunreinigungen durch Hochtemperaturverbrennung zu zerstören. Bei den Kohlenstoff-Container-Systemen können die Dämpfe aus Vakuumextraktionsbehältern, Luftstrippsystemen oder Industrie-Prozess-Abflüssen stammen. Zerstörung dieser Verunreinigung durch Müllverbrennung ist aber häufig unvollständig und unvollständige Zerstörung kann wahrscheinlicherweise dazu führen, dass Verbindungen, die noch gefährlicher als die ursprünglichen Verunreinigungen sind, erzeugt werden (und in die Atmosphäre freigesetzt werden). Des Weiteren ist Müllverbrennung häufig unerwünscht in Raffinerien und chemischen Fabriken aufgrund der Gefahren, welche sich aufgrund der Nähe von entflammbaren Substanzen zu den hohen Temperaturen der Müllverbrennungen ergeben. Darüber hinaus ist in hoch besiedelten Gebieten Müllverbrennung politisch und sozioökonomisch nicht wünschenswert.

[0006] Elektronenstrahlen werden verwendet, um toxische und nicht-toxische Verbindungen in andere Verbindungen oder Elemente zu verarbeiten oder umzuwandeln. Zuflüsse bestehend aus Gasen, Aerosolen und/oder suspendierten Feststoffpartikeln, gelangen in eine Reaktionskammer (oder einen Umwandlungsvorraum), in welche ein Strahl aus Elektronen injiziert wird. Diese Elektronen interagieren mit dem Zufluss und wandeln so die Verbindungen in Elemente oder andere Verbindungen chemisch um.

[0007] Elektronenstrahlen wurden bereits früher verwendet, um Emissionen von Schwefeloxiden (SO_x) und/oder Stickoxiden (NO_x) aus herkömmlichen Fabrikgebäuden zu reduzieren. Ein Beispiel dafür ist US-A-4,915,916, welches ein Verfahren offenbart zur Behandlung von Abgasen durch Bestrahlen mit Elektronenstrahlen eines Teils des zu behandelnden Gases, wodurch aktive Spezies ausgebildet werden, welche dann in den hauptsächlichen Abgasstrom eingeleitet werden und so Stickoxid-Gas-Bestandteile in die Form eines Nebels oder Staubs überführen, welche gesammelt werden können. Jedes Fabrik-Abfluss-Behandlungssystem ist so konzipiert, dass es mit einer einzigen Energieversorgung

funktioniert. Diese Systeme sind stationär und permanent fixiert an einem bestimmten Ort. Sie sind nicht transportabel. Darüber hinaus ist, da die Zusammensetzung eines Abflusses einer Fabrik sich relativ wenig verändert, ein Abfluss im Stand der Technik üblicherweise relativ unveränderlich, und Abfluss-Behandlungssysteme aus dem Stand der Technik wurden nicht so konzipiert, dass sie leicht rekonfiguriert werden können.

[0008] Elektronenstrahlbestrahlung wurde auch verwendet, um organische Verunreinigungen in Trinkwasser in nicht-toxische Formen zu überführen. Wie bei Abfluss-Behandlungssystemen in Fabriken sind die Wasser-Behandlungsvorrichtungen nicht so konzipiert, dass sie transportabel sind. Statt dessen sind Elektronenstrahl-Wasser-Behandlungssysteme aus dem Stand der Technik so konzipiert, dass sie die Anforderungen von einer einzelnen Wasser-Behandlungsfabrik erfüllen. Folglich adressiert der Stand der Technik nicht die Probleme der Transportabilität eines Elektronenstrahlsystems von Ort zu Ort oder die Anpassbarkeit des Systems an die Bedürfnisse eines jeden speziellen Ortes.

[0009] EP-A-0 659 297 bildet Stand der Technik nach Artikel 54(3) und (4) EPÜ in den Vertragsstaaten von DE, FR und GB. Das Dokument offenbart ein Behandlungssystem für volatile organische Verbindungen unter Verwendung von Elektronenwechselwirkung.

[0010] Die Erfindung wird in den unabhängigen Ansprüchen dargelegt.

[0011] In der bevorzugten Ausführungsform wird ein Elektronenstrahlgenerator zusammen mit einer Reaktionskammer auf einem Anhänger (oder einem anderen Vehikel) montiert zusammen mit Modulen, welche irgendwelchen Zulauf vorbehandeln (wie z.B. Feststofffilter, Schlamm-Fallen, Erhitzungseinheiten, Abkühleinheiten, Pumpen, Öffnungen, Düsen und/oder Ventile), Modulen, welche Zulauf nachbehandeln (wie z.B. ein Kohlenstoffkanister sowie eine alkalische Bürste für Hydrochlorsäure) sowie System-Instrumenten und Steuerungen. Zuflussgase aus einem Vakuumextraktionssystem oder einer anderen Quelle werden in das System gefüllt und irgendwelche nicht erwünschten Verbindungen in den Gasen werden entweder in geeignete Elemente oder Verbindungen überführt oder werden entfernt (oder weiter transformiert) durch die Abfluss-Behandlungsmodule. Das System kann von Ort zu Ort transportiert werden und ist so konzipiert, dass es alle notwendigen Straßen-, Gewichts- und Größen-Erfordernisse erfüllt. Darüber hinaus sind die Elemente des Systems leicht zu rekonfigurieren, um die spezifischen Anforderungen eines jeden Orts hinsichtlich toxischem Abfall zu erfüllen.

[0012] Die Erfindung wird nun im Detail unten beschrieben unter Verweis auf die Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0013] Fig. 1 ist eine ebene Ansicht eines Elektronenstrahl-Konversionssystems (Konversion, Behandlung, Transformation und Reaktion sind Begriffe, die hier untereinander austauschbar verwendet werden, um die Hohlraumkammer und/oder ihren Betrieb in Übereinstimmung mit dieser Erfindung zu beschreiben) entsprechend der bevorzugten Ausführungsform dieser Erfindung.

[0014] Fig. 2 ist eine Seitenansicht des Elektronenstrahl-Umwandlungssystems von Fig. 1.

[0015] Fig. 3 ist eine schematische Querschnittsansicht des Reaktionskammer-Subsystems sowie der Elektronenstrahlquelle dieser Erfindung.

[0016] Fig. 4 ist ein Flussdiagramm eines schematischen Prozesses, welches das Elektronenstrahl-Umwandlungssystem dieser Erfindung zeigt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0017] Fig. 1 und Fig. 2 zeigen Ansichten von oben und der Seite des transportablen Elektronenstrahl-Umwandlungssystems gemäß dieser Erfindung. Ein Elektronenstrahl-Erzeuger-Subsystem **10**, ein Transformations-Subsystem **12** und Zufluss-Vorbehandlungs- und Abfluss-Nachbehandlungs-Module **14** sind in einem eingeschlossenen Anhänger **16** montiert. Die Instrumentationen und Steuerungen, benötigt, um das System zu überwachen und zu betreiben, können in einem Steuerraum **18** an einem Ende des Anhängers **16** lokalisiert sein. Der Steuerraum **18** zeigt geeigneten Schutz für seinen Inhalt gegenüber Strahlung und Luftverunreinigungen.

[0018] Zufluss (d.h. unbehandeltes Material) dringt in das System durch die Einlassrohre **20**. Abfluss von dem Transformations-Subsystem **12** und optional den Abfluss-Nachbehandlungsmodulen **14** verlässt das System durch den Auslassstutzen **24**. Folglich bleibt das gesamte toxische Aufarbeitungssystem in dem Behälter **16**.

[0019] Die Leistungsfähigkeit und die Effizienz des Elektronenstrahl-Konversionssystems hängen von vielen untereinander verknüpften Faktoren ab, einschließlich der Form, den Dimensionen sowie dem gesamten Volumen der Reaktionskammer; der Dichte sowie der Dichte-Verteilung des Reaktionskammerinhaltes sowie den Eigenschaften des Elektronenstrahls; wie z.B. seinen Querschnittsdimensionen, dem Muster der Orientierungen der einfallenden Elektronen, den kinetischen Energien sowie der En-

ergieverteilung der Elektronen, der Spitzen- und Durchschnittsleistung des Strahls sowie der Dosisrate. Darüber hinaus kann die Leistungsfähigkeit des Systems verstärkt werden durch die Erzeugung von Sekundärelektroden nach Kollision von Elektronen in dem einfallenden Strahl mit der Kammer und/oder Kammerbestandteilen.

[0020] In der bevorzugten Ausführungsform ist das Elektronenstrahl-Erzeuger-Subsystem **10** ein 2,5 MeV gepulster linearer Elektronenbeschleuniger **11**. Diese Einheit schließt eine zylindrische Hochvakuumhülle ein, welche eine Elektronenpistole einschließt, umfassend eine Elektronenquelle (erhitzte Kathode), eine Beschleunigerelektrode (Anode) und eine Steuerelektrode (Gitter). Die Elektronenpistole injiziert Elektronen in einen evakuierten Wellenleiter, welcher eine Serie von Resonanz-Kavitäten einschließt, in welchen Elektronen sequenziell beschleunigt werden unter Verwendung von Energie, erhalten von einer gepulsten Mikrowellen-Quelle. In der bevorzugten Ausführungsform ist die Mikrowellen-Quelle ein Magnetron. Ein Modulator **26** enthält Pulserzeugungskomponenten. Das Subsystem schließt auch einen Hitzetauscher **28** zum Kühlen einiger Elemente des Subsystems ein.

[0021] Die bevorzugte Ausführungsform setzt einen mikrowellengepulsten linearen Elektronenbeschleuniger ein, um die Größen-, Energie- und Gewichtserfordernisse eines transportablen Umwandlungssystems zu erfüllen. Andere Elektronenstrahlquellen können verwendet werden, ohne dass jedoch vom Umfang dieser Erfindung abgewichen wird. Beispielsweise sind lineare Induktionsbeschleuniger verwendbar im Labor mit begrenztem Erfolg und können verwendet werden in dieser Anwendung, falls die Erfordernisse der Transportfähigkeit und der Verlässlichkeit erfüllt sind. Ein weiteres Beispiel stellen Elektronenquellen dar, in welche die Elektronenenergie einzig durch die Stromversorgungsspannung bestimmt ist, ohne Mikrowellen- oder Induktionsboost; und diese können auch verwendet werden, falls die Transportfähigkeits- und Verlässlichkeitserfordernisse erfüllt sind. In der bevorzugten Ausführungsform kann die durchschnittliche Strahlenleistung variabel gestaltet sein und der Modulator kann auch ausgewählt sein, so dass er die Modifikationen erfüllt, um die Spitzen-Strahl-Leistung einzustellen.

[0022] Fig. 3 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Transformations-Subsystems **12**, sowie eines Abschnitts des Elektronenstrahl-Erzeuger-Subsystems **10**, insbesondere des Ausgabe-Endes des Beschleunigers **11**. Um das Innere des Beschleunigers **11** unter einem hohen Vakuum zu halten, wird ein Beschleunigungs-Vakuumfenster **30** (vorzugsweise 1 bis 2 mil Titan) am Beschleuniger-Auslass positioniert. Andere Materialien können verwendet werden (wie z.B. rostfreier Stahl, Beryllium oder Keramiken) und andere Materialstärken können verwendet werden für das Fenster **30**, ohne dass vom Umfang dieser Erfindung abgewichen wird. Das Ziel beim Auswählen eines Materials und der Dicke für das Fenster **30** ist es, einen gewünschten Streuwinkel zur Verfügung zu stellen (wie unten diskutiert werden wird) sowie geringen Energieverlust, während immer noch ein Vakuum und gute thermische Leitfähigkeit aufrechterhalten werden, um thermischen Stress, erzeugt in dem Fenster durch Elektronenstrahl, zu reduzieren. Die Dicke des Fensters wird von der Leistung und der Energie der Elektronenstrahlquelle, der Dichte des ausgewählten Materials des Fensters und den mechanischen Belastungen, erzeugt in dem Fenster während der Operation des Systems, abhängen.

[0023] Der effektive Elektronenstrahl-Durchmesser kann vergrößert werden, beispielsweise durch die Verwendung von Quadrupol-Spulen **27**, wodurch thermischer Stress durch Verteilen von Strahlenergie über einen großen Bereich des Fensters reduziert wird. Das Fenster **30** kann auch wassergekühlt sein, um Überhitzen zu verhindern. Der Elektronenstrahl von dem Beschleuniger **11** wandert durch das Fenster **30** in eine kleine Kammer **29** bevor er das Innere des Transformations-Subsystems **12** passiert. Die Kammer **29** ist mit einem nicht-reaktiven Gas gefüllt, wie z.B. Stickstoff, um Ozon zu eliminieren, welches durch die Wechselwirkung der Elektronen mit Sauerstoff erzeugt wird, um zum Kühlen des Fensters beizutragen.

[0024] Die Exposition des Fensters **30** gegen das Material in der Kammer **32** könnte die Integrität des Vakuums im Beschleuniger **11** schädigen, wodurch die Leistungsfähigkeit des Systems negativ beeinflusst würde. In der bevorzugten Ausführungsform ist deshalb ein zweites Fenster **36** zwischen dem Fenster **30** und dem Inneren der Kammer **32** angeordnet, um jeglichen Kontakt zwischen dem Material in der Kammer **32** und dem Fenster **30** zu verhindern. Das Fenster **36** kann aus Saphir, Mica, Keramik oder anderen Materialien ausgebildet sein, die gegen Säure resistent sind, welche in dem Transformationsprozess erzeugt werden kann. Die Dicke des Fensters **36** hängt unter anderem von dem Material ab, das ausgewählt wird, sowie dem Operationsdruck innerhalb der Kammer **32**. In der bevorzugten Ausführungsform ist das Fenster **36** aus 3 mil dickem Saphir ausgebildet. Darüber hinaus ist die Kammer **29** unter einem konstanten Druck von mehr als dem Reaktionsdruck, um den Rückfluss an Material aus der Reaktionskammer in Richtung Fenster **30** für den Fall des Bruches oder eines Fehlers des Fensters **36** zu verhindern.

[0025] In einer alternativen Ausführungsform ist das Fenster **36** weggelassen und nicht kontaminiertes fließendes Gas, wie z.B. Luft wird verwendet, um

Kontakt zwischen dem Reaktionskammerinhalt und dem Fenster **30** zu vermeiden.

[0026] Strahlungsabschirmung reduziert die Emission von Röntgenstrahlen oder anderer Strahlung, erzeugt durch Kollisionen von Elektronen mit Material auf ihrem Weg auf sicheren Niveaus. Beispielsweise umgibt das Schild **70** die Auslassdüse des Beschleunigers. Abschirmen kann realisiert werden mit Materialien aus Stahl, Beton, Blei oder anderen geeigneten Materialien. Andere Abschirmungen werden um das System platziert, je nach Bedarf, um die regulatorischen Erfordernisse zu erfüllen und zu ermöglichen, dass es sicher in der Gegenwart von Menschen betrieben wird.

[0027] Das Transformations-Subsystem **12** schließt einen selbst abgeschirmten, chemisch resistenten Transformationshohlraum ein, umfassend eine Reaktionskammer **32** aus nichtmetallischem Material, wie z.B. Porzellan, Polyethylen, Polyurethan oder Harz-imprägniertem Faserglas, umgeben durch eine äußere Schale **34** aus abschirmendem Material, wie z.B. Stahl. Das Material, ausgewählt für die Reaktionskammer, hängt von der Anwendung ab, sollte jedoch in jedem Fall vorzugsweise die Erzeugung von Röntgenstrahlen minimieren, die aus Kollisionen mit aufprallenden Elektronen resultieren. Alternativ kann die Reaktionskammer aus Stahl oder Beton einer hinreichenden Abschirmungsdicke bestehen oder aus anderen Metallen, falls dies determiniert ist, basierend auf dem Gegenstand, der verarbeitet werden soll, so dass Korrosion nicht ein wahrscheinliches Problem darstellt. Der Zweck der Schale **34** ist es, jegliche Röntgenstrahlen, erzeugt durch Wechselwirken des Elektronenstrahls mit System-Komponenten und innerhalb der Reaktionskammer auf sichere Niveaus zu reduzieren. Die Schale **34** kann auch ausgebildet werden aus Beton, Blei oder irgendeiner anderen Abschirmungssubstanz, die im Stand der Technik bekannt ist.

[0028] Die Kammer **32** kann ausgebildet werden durch Abscheiden eines Verkleidungsmaterials auf der inneren Oberfläche der Schale **34**. Alternativ kann die Kammer **32** entfernbar von der Schale **34** sein zum Ersetzen einer Reaktionskammer mit einer neuen Kammer, welche aus dem gleichen Material besteht oder, falls das System rekonfiguriert werden soll, mit einer Kammer, welche aus einem anderen Material besteht, das für die nächste Anwendung des Systems adaptiert ist. In der bevorzugten Ausführungsform werden die Reaktionskammer **32** und die Schale **34** als separate Elemente ausgebildet. Geeignete Türen und Hähne werden in der Kammer **32** zur Verfügung gestellt bzw. der Schale **34**, um Zugang zur Verfügung zu stellen, um die Kammer von Zeit zu Zeit zu verändern bzw. zu reinigen und anderweitig zu warten. Die Form der Reaktionskammer **32** optimiert die System-Leistungsfähigkeit, während die Größe und das Gewicht der Kammer **32** bzw. ihrer Schale **34** erhalten bleiben. Die Fenster **30** und **36** werden verursachen, dass der Elektronenstrahl in variierenden Graden gestreut wird, abhängend von dem Fenstermaterial und der Dicke. In der bevorzugten Ausführungsform ist daher die Reaktionskammer **32** eng am Elektronenstrahl-Einfass und läuft nach außen spitz zu, um sich dem Winkel der Strahldivergenz anzunähern. Dies reduziert die Wahrscheinlichkeit, dass unbehandelte Materialien am Elektronenstrahl vorbeilaufen. In der bevorzugten Ausführungsform ist die Kammer **32** konisch mit einem engen Durchmesser am Elektronenstrahleinlass.

[0029] Ein zylindrischer Abschnitt kann am längeren Ende der konischen Kammer hinzugefügt werden, um weitere Weglänge dem Elektronenstrahl bereitzustellen. Die Kammer **32** kann auch mit einem quadratischen oder polygonalen Querschnitt erzeugt werden oder kann von einer graduell zunehmenden Proportion sein und zu einem konstanten Breitenabschnitt am größeren Ende führen. Die Länge der Reaktionskammer **32** wird bestimmt durch das effektive Eindringen des gestreuten Elektronenstrahls, welcher wiederum durch die Energie der Elektronen in dem Strahl sowie die Natur und Dichte des Materials innerhalb der Kammer bestimmt wird.

[0030] Falls man den Elektronendruck verdoppelt, wird die Dichte innerhalb der Kammer verdoppelt und dies reduziert den Weg des Elektronenstrahls ungefähr auf die Hälfte dessen, was zuvor benötigt wurde, um die Transformation mit der gleichen Effizienz durchzuführen, wodurch ungefähr die Länge der benötigten Reaktionskammer halbiert wird. Selbstverständlich werden in solch einem Fall die Kammer und die assoziierten Elemente so strukturiert werden müssen, um den erhöhten Druck aushalten zu können.

[0031] Folglich sind die Größe und Form der Reaktionskammer, das Material und die Dicke der Fenster, der Druck, die Temperatur, die Massenflussrate und die Zusammensetzung des behandelten Materials, die Energie der Elektronenstrahlquelle sowie die Energie der Elektronen in dem Strahl voneinander abhängende Design-Parameter, welche so verändert werden können, dass sie zu einer speziellen Anwendung passen.

[0032] Die bevorzugte Ausführungsform ist so konzipiert, dass sie zu einem kontinuierlichen Fluss an behandelbarem Material durch das System passt. Die Reaktionskammer **32** ist daher so konzipiert, dass Kontakt zwischen dem Elektronenstrahl und dem Fluss-Strom optimiert wird. Zufluss von einer Quelle, wie z.B. Vakuum, Extraktionssystem und Luftstripp-System, einer Müllverbrennungsanlage, einem Drehofen, einem Bioreaktor oder einem industriellen Prozess bzw. von ähnlichen Systemen, tritt in

die Reaktionskammer **32** durch Einlässe **20** ein. Die Ecken **44** auf den Enden der Einlassrohre **20** leiten den Zufluss ursprünglich in einem Verwirbelungsstrom um das Ende der Kammer, welches am weitesten von der Elektronenstrahlquelle entfernt ist. Die Wechselwirkung des Verwirbelungszuflusses mit den Einlassrohren **20** und anderen Blenden (nicht gezeigt) innerhalb der Kammer **32** erzeugt einen turbulenten Fluss, welcher durch die Kammer verwirbelt. Auslassrohre **24** sind benachbart zum Fenster **36** am kleinen Ende des Konus der Kammer lokalisiert. Der Verwirbelungsfluss des Materials vom entfernten Ende der Kammer in Richtung der Elektronenstrahlquelle maximiert die Wechselwirkung zwischen dem Elektronenstrahl und dem Flussmaterial, wodurch die Effizienz des Gesamtsystems maximiert wird. Weitere Einlässe **41** können verwendet werden, um Katalysatoren und/oder Wasser in die Reaktionskammer einzulassen, um den Transformationsprozess zu unterstützen. Alternativ können die Einlassrohre an anderen Stellen platziert sein, beispielsweise dem Boden der Reaktionskammer, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen. In einem ähnlichen Sinn können die Auslassrohre auch an unterschiedlichen Orten platziert sein, ohne dass vom Umfang der Erfindung abgewichen wird.

[0033] Wie in Fig. 4 gezeigt, kann das System auch in einem Chargenmodus betrieben werden, in welchem die Reaktionskammer mit unbehandeltem Material befüllt wird, die Ventile **3** und **4** geschlossen werden und das eingeschlossene Material mit dem Elektronenstrahl behandelt wird, um die Inhalte in andere Elemente und Verbindungen umzuwandeln. Diese "Charge" an behandeltem Material wird anschließend gegen die Abfluss-Nachbearbeitungsmodule (falls Nachbearbeiten notwendig ist) vor der Freisetzung evakuiert.

[0034] Fig. 4 ist ein Prozess-Flussdiagramm, welches eine mögliche Konfiguration an Zufluss-Vorbearbeitungs- und Abfluss-Nachbearbeitungs-Modulen zeigt. Unbehandeltes Material aus einer Quelle **78**, gesteuert durch eine Pumpe **70**, tritt in das Filtersystem ein, die Schlamm-Falle **74** und die thermische Vorrichtung **76**, bevor sie über die Reaktionskammer **32** über die Einlässe **20** eindringt (Fig. 3). Es sollte festgehalten werden, dass die Pumpe **70** auf der anderen Seite des Hohlraums oder der Reaktionskammer **32** positioniert sein kann. Dieser Pfad oder eine Alternative, ausgewählt durch den Betreiber, kann beschritten werden, abhängend von den Aufgaben und Bedürfnissen an einem speziellen Ort. Diese Elemente werden verwendet, um Zufluss zur Verfügung zu stellen, Vorbehandeln je nach Bedarf, um dem Konversionsprozess aufrechtzuerhalten und zu optimieren. Falls das Zuflussmaterial kein Gas ist, kann der Zufluss durch eine Einspritzdüse **14** vor dem Eindringen in die Reaktionskammer **32** gelenkt werden. Ein Reagenz kann hinzugefügt werden aus der Reagenzquelle **82**, um die chemischen Reaktionen zu verstärken.

[0035] Behandeltes Material von der Reaktionskammer **32** kann über Einlässe **24** in ein konventionelles Bürstensystem **50** gelenkt werden, um jegliche Säuren, die während des Transformationsprozesses ausgebildet werden, nachzubearbeiten. Das gebürstete Material kann dann in Richtung von Gefäßen **52** und/oder **54** gelenkt werden, welche konventionelle Adsorptionsmaterialien einschließen (wie z.B. Aktivkohle in granularer Form), um jegliche Reste an unerwünschtem Material zu fangen und als Back-up-System in dem Fall zu dienen, dass der Elektronenstrahl frühzeitig deaktiviert wird. Ein inertes Gas, wie z.B. Stickstoff aus einer Quelle **62**, kann verwendet werden für die Reinigungskammer **29**.

[0036] Nun werden mit dem Fokus auf der Bereitstellung einer vollständigen Offenbarung verschiedener Durchführungsformen des Betriebs des Systems der vorliegenden Erfindung verschiedene Zustände sowie Betriebsparameter beschrieben werden.

A. Kontinuierlicher Fluss von einer Quelle; Behandlung von Abfluss mit alkalischer Bürste und granularer Aktivkohle:

Geschlossene Ventile **7**, **8**, **9**, **10** und **17**.
Offene Ventile **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6** und **12**.
Starte den E-Strahl.
Starte die Pumpe **70**.

B. Kontinuierlicher Fluss plus Katalysator und Behandlung von Abfluss (wie in A):

Alle Ventile werden wie in A geschaltet.
Öffne Ventil **17**.
Starte den E-Strahl.
Starte die Pumpe **70**.

C. Kontinuierlicher Fluss plus Kondensat vom Hohlraum plus Behandlung von Abfluss (wie in A):

Alle Ventile sind wie in A geschaltet.
Flüssig-Niveau-Sensor öffnet das Ventil **13** und setzt die Pumpe/den Vernebler **14** in Gang.
Starte den E-Strahl.
Starte die Pumpe **70**.

D. Kontinuierlicher Fluss plus Kondensat aus Bürste **50** plus Behandlung von Abfluss (wie in A):

Alle Ventile wie in A eingestellt.
Flüssig-Niveau-Sensor öffnet das Ventil **15** und setzt die Pumpe/den Vernebler **14** in Gang.
Starte E-Strahl.
Starte Pumpe **70**.

E. Chargen-Verarbeitung mit Abflussbehandlung:

Schließe die Ventile **4**, **7**, **8**, **9**, **10**, **16** und **17**.
Öffne die Ventile **1**, **2**, **3**, **5** und **6**.
Starte die Pumpe **70**.
Schließe das Ventil **3** und halte die Pumpe **70** an, wenn der gewünschte Druck innerhalb des Hohlraums erreicht ist.
Setze den E-Strahl in Gang. Der Durchgang benötigt die maximale Elektronen-Dosis.
Öffne das Ventil **4**.
Schließe das Ventil **2**.
Öffne das Luftventil **16**.
Starte die Pumpe **70**.

F. Die vorliegenden toxischen Substanzen sind flüssig, wobei die Behandlung erfolgt wie in A:

Verbinde die Stromversorgung mit der Pumpe/dem Vernebler **14**.
Schließe die Ventile **1**, **2**, **8**, **9**, **10**, **13**, **17**.
Öffne die Ventile **3**, **4**, **5**, **6** und **16**.
Starte den E-Strahl.
Starte die Pumpe **70**.
Starte die Pumpe/den Vernebler **14**.

G. Nur Bürsten **50**, kein Kohlenstoff, mit Abflussbehandlung wie in A:

[0037] Schließe die Ventile **6**, **8**, **9**, **10**, **13**, **16** und **17**.

[0038] Öffne die Ventile **1**, **2**, **3**, **4**, **5** und **7**.

[0039] Starte E-Strahl.

[0040] Starte Pumpe **70**.

H. Nur Kohlenstoff (**52** und/oder **54**), Keine Bürste **50**:

Schließe Ventile **5**, **10**, **16** und **17**.
Öffne Ventile **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **8** und/oder **9**.
Starte E-Strahl.
Starte Pumpe **70**.

[0041] Diese Beispiele, welche sich als exemplarisch verstehen sollten und nicht als inklusive, sind dazu gedacht, ein Verständnis der Flexibilität des Systems dieser Erfindung zu geben.

[0042] Darüber hinaus ist ein Beitrag möglich, jeglichen Schlamm oder jegliches Kondensat, welche sich in der Reaktionskammer **32** ausbilden, zu entfernen oder (falls gewünscht) zu behandeln. Das Ventil **13** und die Schlamm-Abwasserleitung **31** werden das Kondensat und den Schlamm aus einer Schlammwanne oder einem Sammelbehälter in der Kammer in den Zulaufgasstrom über den Vernebler **14** ableiten. Abfluss von der Bürste **50** kann auf dem gleichen Weg behandelt werden.

[0043] Zufluss- und Abflussgase können online durch Fluss-Sensoren und chemische Analyse-Sensoren überwacht werden, um die Zusammensetzung, Temperatur und den Druck von Einlass- und Auslassmaterial zu bestimmen. Der Betrieb der Elektronenstrahlquelle kann auch überwacht werden durch Messen des Elektronstrahlstroms unter Verwendung einer Stromdetektions-Ringspule **61**, welche den Ausgabestrahl umgibt. Analytische Instrumente und Überwachungsvorrichtungen können im Ausrüstungsraum **18** zusammen mit Systemsteuerungen lokalisiert sein. Computer und Computersoftware können in der Systemsteuerung verwendet werden. Es kann auch ein Equipment bereitgestellt werden, um das gesamte System von einer einzigen Steuerstelle zu steuern.

[0044] Das transportable Elektronenstrahl-Umwandlungssystem dieser Erfindung läuft mit Wechselstrom. Falls es keine geeignete Stromversorgung an der Umwandlungsstelle gibt, kann ein Wechselstromgenerator auf den Transportmechanismus hinzugefügt werden, um die vollständige Unabhängigkeit für das System zu gewährleisten.

[0045] Keine zwei Abwasserstellen sind gleich. Jede Stelle weist unterschiedliche Verunreinigungen in unterschiedlichen Mengen auf. Darüber hinaus können sich die Anforderungen, eine gegebene Stelle zu reinigen, mit der Zeit ändern.

[0046] Das Elektronenstrahlsystem dieser Erfindung ist daher so konzipiert, dass es sowohl transportabel von Ort zu Ort ist als auch rekonfigurierbar ist, um die Erfordernisse einer speziellen Stelle zu erfüllen. Systemkomponenten werden entfernbar angebunden (beispielsweise durch Bolzen) an den Boden des Anhängers. Folglich kann eine Reaktionskammer leicht entfernt und ersetzt werden mit einer anderen einer unterschiedlichen Größe oder Konfiguration; eine Elektronenstrahlquelle kann mit einer anderen getauscht werden mit geringeren oder höheren Energie-Ausgaben; Bürsten und Adsorptionsgefäße können entfernt oder bereitgestellt werden.

[0047] Die Bereitstellung kann auch so erfolgen, dass die Systemkomponenten während des Transportes geschützt sind. Beispielsweise ermöglichen in der bevorzugten Ausführungsform die Montageschlitten für die Elektronenstrahlquelle, dass der Beschleuniger abseits der Reaktionskammer während des Transports verankert wird, anschließend bewegt wird und korrekt in seine Position vor der Verwendung an den Reinigungsstellen arretiert wird. Dieses Merkmal trägt auch dazu bei, die Unversehrtheit der Elektronenstrahlquelle zu erleichtern.

[0048] In der bevorzugten Ausführungsform findet der Transformationsprozess in der Nähe von Raumtemperatur statt. Als eine Alternative kann ein Mate-

rial in der Reaktionskammer bei einer erhöhten Temperatur vorliegen, welche im Allgemeinen die Reaktionsraten von chemischen Prozessen erhöht. Falls die Materialquelle ein granulares Kohlenstoff-Regenerationssystem ist, kann beispielsweise ein Material, das von dem adsorbierten Kohlenstoff abgerieben wurde, sich bei einer hohen Temperatur befinden. Das Transformationssystem kann auch selbst Mittel beinhalten, um Zufluss- und/oder Reaktionskammer-Temperatur zu verändern und/oder den entsprechenden Druck, wie z.B. ein Erhitzungsgerät, ein Abkühlgerät, um dazu beizutragen, dass die Temperatur des Transformationsprozesses reguliert wird, oder eine Pumpe und Steuereinheiten, um den Druck des Hohlraums zu regulieren.

[0049] Diese Erfindung kann verwendet werden in Anwendungen, welche sich von solchen unterscheiden, die zur Konversion von Abwasser dienen, wie z.B. einem Schritt in einem industriellen Prozess. Andere Modifikationen, abgedeckt durch diese Erfindung, werden den Fachleuten auf diesem Gebiet offensichtlich sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Umwandeln von flüchtigen Dämpfen in einer Reaktionskammer, wobei das Verfahren Einlassen eines Zulauf-Gasstroms in die Reaktionskammer, Leiten eines Elektrodenstrahls von einer Elektronenstrahlquelle in die Reaktionskammer und Erzeugen von Wechselwirkung des Stroms mit dem Elektronenstrahl in der Reaktionskammer, um die Dämpfe in annehmbare Verbindungen und Elemente umzuwandeln, und Entfernen des behandelten Gasstroms aus der Reaktionskammer einschließt, wobei die umzuwandelnden Dämpfe flüchtige organische Dämpfe sind und das Verfahren des Weiteren Vorbehandlung des Zulauf-Gasstroms mit wenigstens einem Vorbehandlungsprozess vor Bestrahlung mit dem Elektronenstrahl einschließt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das Nachbehandlung des Ablauf-Gasstroms mit wenigstens einem Nachbehandlungsprozess nach Bestrahlung mit dem Elektronenstrahl einschließt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Zulauf-Vorbehandlung einen Partikelfilterprozess umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die Zulauf-Vorbehandlung einen Feuchtigkeitsabscheideprozess umfasst.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Zulauf-Vorbehandlung einen Zerstäubungsprozess umfasst.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Ablauf-Nachbehandlung einen Waschprozess umfasst.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei die Ablauf-Nachbehandlung einen Adsorptionsprozess umfasst.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Adsorptionsprozess adsorbierendes Material umfasst, das Aktivkohle in Kornform enthält.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das Leiten des behandelten Ablaufs zur Rückführung zur erneuten Wechselwirkung mit dem Elektronenstrahl zur erneuten Behandlung umfasst.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das Steuern der Temperatur des Gases während der Elektronenbestrahlung umfasst.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das Zusetzen eines Reagens zu dem Gasstrom umfasst, um die Umwandlung zu verstärken.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das Zusetzen eines Katalysators zu dem Gasstrom umfasst, um die Umwandlung zu verstärken.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das Bewegen der Reaktionskammer und der dazugehörigen Komponenten von einem Ort zu einem anderen umfasst.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, das Überwachen von Funktion der Elektronenstrahlquelle durch Messen des Elektronenstrahlungsstroms einschließt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, das Ändern des Reaktionskammer- und/oder des Zulaufdrucks einschließt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, das Hinzufügen von Wasser zu der Reaktionskammer einschließt.

17. System zum Umwandeln von flüchtigen organischen Dampf, das eine Elektronenstrahlquelle, eine Reaktionskammer, eine Einrichtung zum Leiten eines Elektronenstrahls von der Elektronenstrahlquelle in die Reaktionskammer, eine Einlasseinrichtung zum Einleiten eines im Wesentlichen kontinuierlichen Zulauf-Gasstroms zur Behandlung in die Reaktionskammer zur Bestrahlung mit dem Elektronenstrahl in der Reaktionskammer sowie eine Auslasseinrichtung zum Entfernen eines im Wesentlichen kontinuierlichen Ablauf-Gasstroms aus der Reaktionskammer nach Bestrahlung mit dem Elektronen-

strahl in der Elektronenkammer umfasst, wobei das System von Ort zu Ort transportiert werden und umkonfiguriert werden kann, um die Anforderungen eines bestimmten Standorts zu erfüllen und wobei das System eine Einrichtung zum Vorbehandeln des Zulauf-Gasstroms vor Bestrahlung mit dem Elektronenstrahl enthält.

18. System nach Anspruch 17, wobei das System umkonfiguriert werden kann, indem zu ihm eine Einrichtung zur Nachbehandlung des Ablauf-Gasstroms nach Bestrahlung mit dem Elektronenstrahl hinzugefügt oder von ihm entfernt wird.

19. System nach Anspruch 17 oder 18, wobei die Zulauf-Vorbehandlungseinrichtung einen Partikelfilter umfasst.

20. System nach Anspruch 17, 18, oder 19, wobei die Zulauf-Vorbehandlungseinrichtung einen Feuchtigkeitsabscheider umfasst.

21. System nach einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei die Zulauf-Vorbehandlungseinrichtung eine thermische Vorrichtung umfasst.

22. System nach einem der Ansprüche 18 bis 21, wobei die Ablauf-Nachbehandlungseinrichtung ein Waschsystem umfasst.

23. System nach einem der Ansprüche 18 bis 22, wobei die Ablauf-Nachbehandlungseinrichtung ein Adsorptionssystem umfasst.

24. System nach Anspruch 23, wobei die Ablauf-Nachbehandlungseinrichtung wenigstens adsorbierendes Material umfasst, das Aktivkohle in Kornform enthält.

25. System nach einem der Ansprüche 17 bis 24, das eine Einrichtung zum Leiten der Ausgabe der Ablauf-Behandlungseinrichtung auf einen Weg zum Zurückführen der Ausgabe zur erneuten Behandlung in der Reaktionskammer zur weiteren Verarbeitung umfasst.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 25, das eine Einrichtung zum Steuern der Temperatur des Gases in der Reaktionskammer während der Verarbeitung umfasst.

27. System nach einem der Ansprüche 17 bis 26, das eine Einrichtung zum Hinzufügen eines Reagens zu dem Gasstrom zum Verstärken der Umwandlung umfasst.

28. System nach einem der Ansprüche 17 bis 27, das eine Einrichtung zum Hinzufügen eines Katalysators zu der Reaktionskammer zum Verstärken der Umwandlung umfasst.

29. System nach einem der Ansprüche 17 bis 28, das eine Transporteinrichtung zum Bewegen der Komponenten des Systems von einem Standort zu einem anderen umfasst.

30. System nach Anspruch 29, wobei die Komponenten abnehmbar an der Transporteinrichtung angebracht sind.

31. System nach Anspruch 29 oder 30, das eine Einrichtung zum Schützen der Komponenten während des Transports des Systems von einem Standort zum anderen umfasst.

32. System nach Anspruch 31, wobei die Schutzeinrichtung eine Einrichtung zum Verankern der Elektronenstrahlquelle entfernt von der Reaktionskammer während des Transports und eine Einrichtung zum Ausrichten der Elektronenstrahlquelle in Position vor Einsatz an einem bestimmten Standort umfasst.

33. System nach einem der Ansprüche 29 bis 32, wobei die Transporteinrichtung zum Einsatz auf öffentlichen Strassen eingerichtet ist.

34. System nach Anspruch 33, wobei die Transporteinrichtung ein einzelnes Fahrzeug umfasst.

35. System nach einem der Ansprüche 17 bis 34, wobei die Elektronenstrahlquelle ein gepulster Elektronen-Linearbeschleuniger ist.

36. System nach einem der Ansprüche 17 bis 35, das so eingerichtet ist, dass es bei Umgebungstemperatur arbeitet und eine Einrichtung zum Streuen der Elektronen von der Elektronenstrahlquelle in die Reaktionskammer umfasst.

37. System nach einem der Ansprüche 14 bis 33, das eine Einrichtung zum Erzeugen einer Wirbelströmung des Gasstroms durch die Reaktionskammer umfasst.

38. System nach einem der Ansprüche 17 bis 37, wobei ein Elektronenstrahlfenster zwischen der Elektronenstrahlquelle und der Reaktionskammer angeordnet ist.

39. System nach Anspruch 38, das eine Einrichtung zum Vergrößern des Elektronenstrahldurchmessers enthält, um thermische Belastungen in dem Fenster zu reduzieren.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

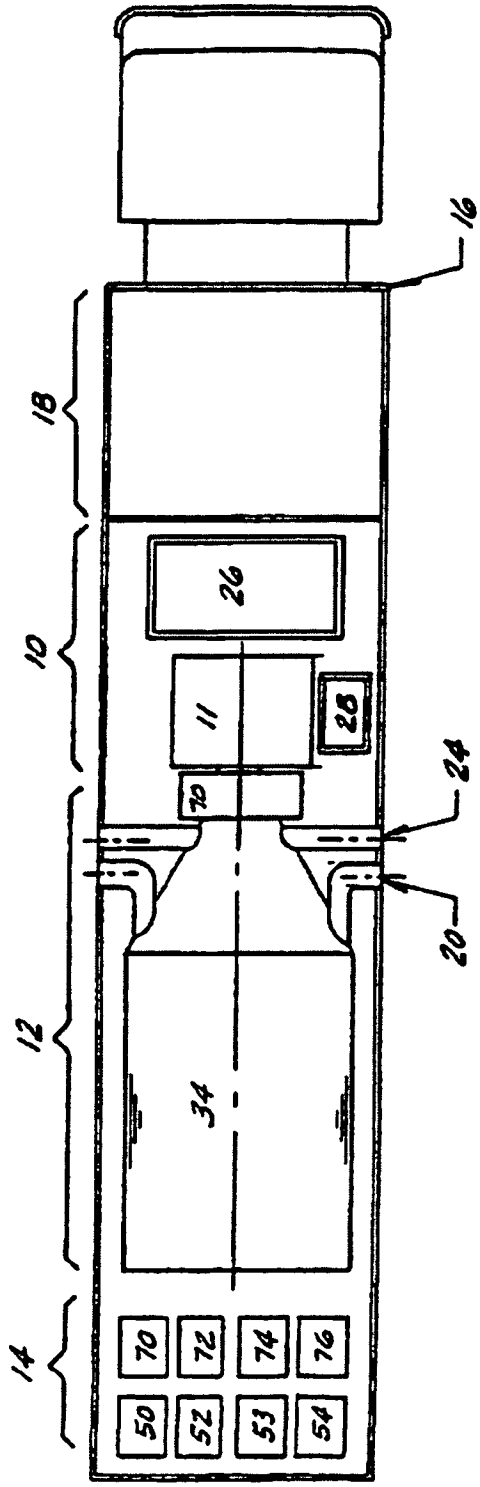


Fig. 1

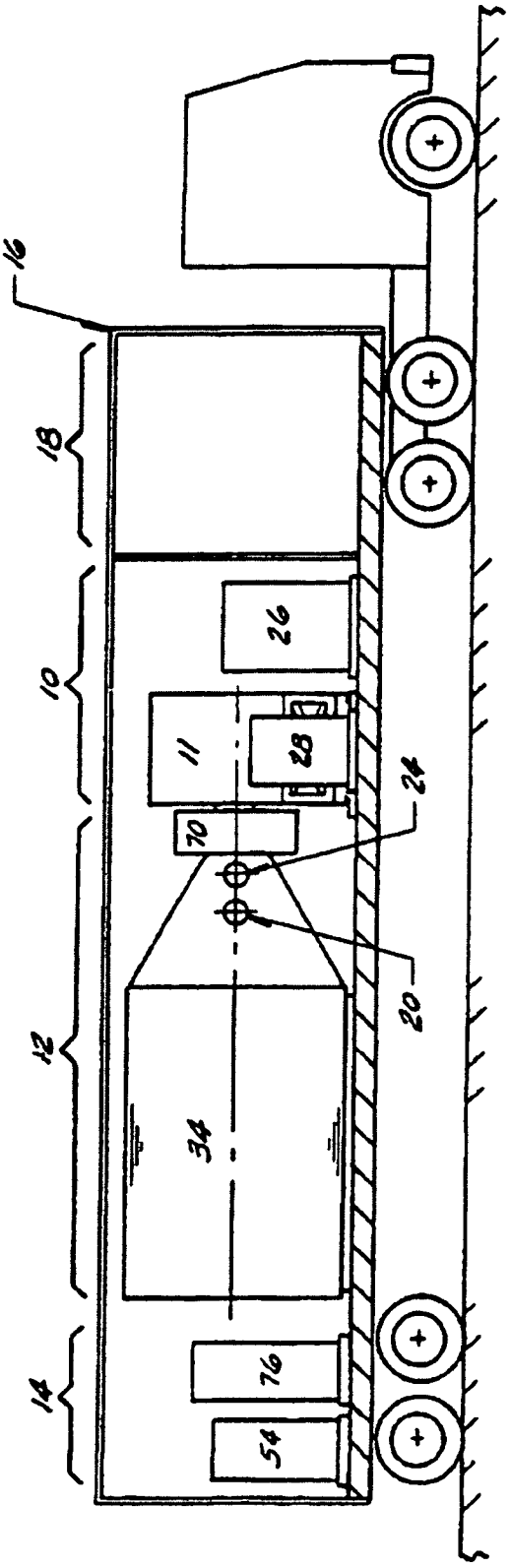


Fig. 2

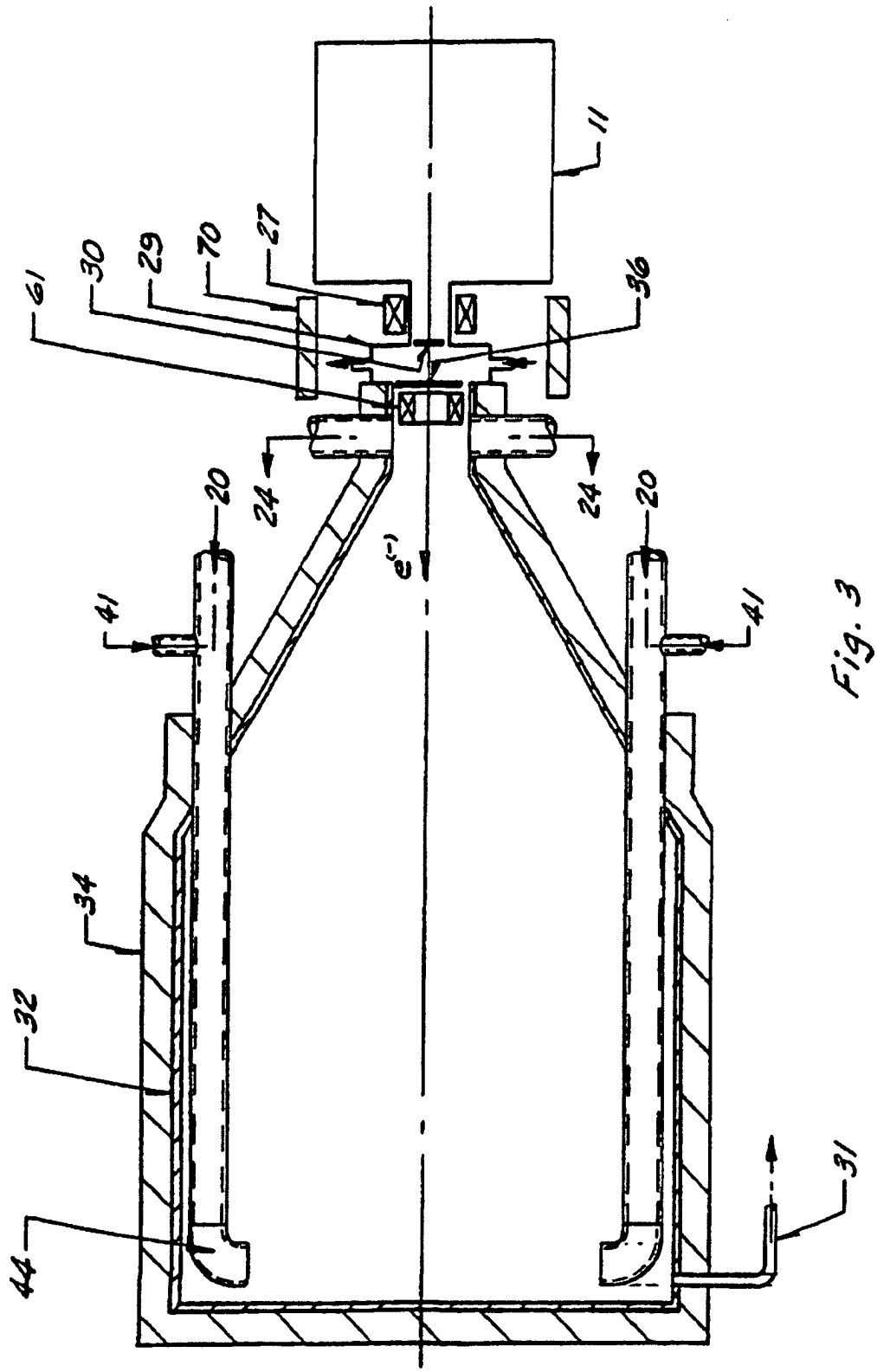


Fig. 3

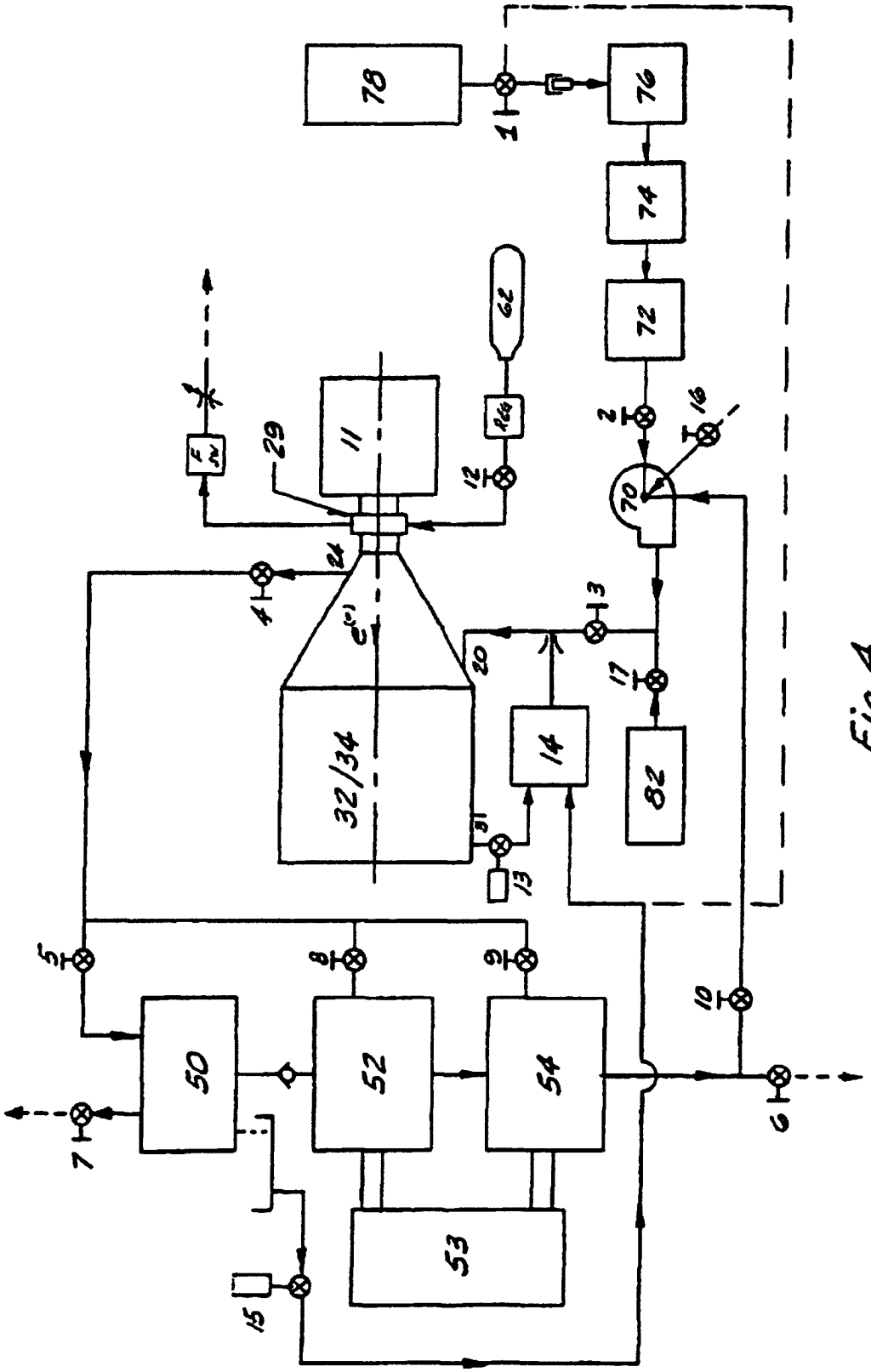


Fig. 4