



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 696 34 516 T2 2006.03.16

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 861 114 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 696 34 516.1

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US96/16157

(96) Europäisches Aktenzeichen: 96 936 279.7

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 97/013568

(86) PCT-Anmeldetag: 09.10.1996

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 17.04.1997

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 02.09.1998

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 23.03.2005

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 16.03.2006

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: B01J 47/08 (2006.01)

B01D 15/00 (2006.01)

G01N 30/60 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

541880 10.10.1995 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, ES, FR, GB, IT, LI, NL

(73) Patentinhaber:

Biosource, Inc., Worcester, Mass., US

(72) Erfinder:

Andelman, Marc D., Worcester, US; Andelman, Marc D., Worcester, US

(74) Vertreter:

Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München

(54) Bezeichnung: NICHT VERSCHMUTZENDER DURCHFLUSSKONDENSATOR

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 eingelebt, 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****Gebiet der Erfindung**

**[0001]** Man hat entdeckt, daß ein Durchflußkondensator mit einer Vielzahl von allgemein parallelen offenen Durchflußwegen gebaut werden kann. Der Kondensator der vorliegenden Erfindung verwendet dieses Design und Verfahren zur Bereitstellung eines schmutzbeständigen Durchflußkondensators, der eine kompakte und leicht herstellende Konstruktion hat.

**Hintergrund der Erfindung**

**[0002]** Durchflußkondensatoren sind im Stand der Technik beschrieben worden (siehe z. B. die US-PS'en 5 360 540, 5 192 432, 5 196 115, 5 200 068 und 5 414 768 für Andelman; die US-PS 3 658 674 für Benak; und die Internationale PCT-Anmeldung Nr. US94/05364 für Andelman). Das Dokument von Allen M. Johnson et al. "The Electrosorb Process for Desalting Water", März 1970, The Office of Saline Water Research and Development Progress Report Nr. 516, U.S. Department of Interior PB 200 056, und die US-PS 5 425 858 für Joseph Farmer beschreiben Durchflußkondensatoren oder Durchfluß-Entsalzungssysteme.

**[0003]** Durchflußkondensatoren nach dem Stand der Technik wirken durch Konzentration von im Einsatz- bzw. Speisestrom enthaltenem Gelöstem zu einem konzentrierten Abproduktstrom. Dies hat zwei schwerwiegende Nachteile. Der erste Nachteil ist, daß die Methode der Abproduktwiedergewinnung in einen konzentrierten Abproduktstrom Abwasser erzeugt. Abwasser jeder Art ist häufig ein signifikanter Prozeßkostenfaktor.

**[0004]** Ein weiterer Nachteil des Stands der Technik ist die Tendenz zur Verschmutzung. In vielen Umgebungsgewässern vorhandene gelöste Stoffe wie Calciumsulfat oder Calciumcarbonat oder andere gelöste Stoffe sind im oder nahe dem Sättigungsbereich anwesend. Wenn sie über den Sättigungspunkt hinaus konzentriert vorliegen, haben diese gelösten Stoffe eine Tendenz zur Bildung von Verkrustungen und zur Verschmutzung der Vorrichtung. Die Verschmutzung ist ein wohlbekanntes Problem bei Abwasservorrichtungen wie etwa bei der Umkehrsmose und der Elektrodialyse, die mit dem Durchflußkondensator die Tendenz gemeinsam haben, Gelöstes über den Sättigungspunkt hinaus zu konzentrieren.

**[0005]** Üblicherweise vorhandene Trübstoffe, Kolloide und Teilchen können Durchflußkanäle ebenfalls blockieren und Ablagerungen bilden. Benak beschreibt in der US-PS 3 658 674 einen Durchflußkondensator, der sich sehr schnell zusetzt, wenn er mit hartem Quellwasser verwendet wird (Sp. 4, Z. 66–68). Er beschreibt ferner (Sp. 5, Z. 27 bis 37) Probleme bei der Reinigung von Calciumsulfat. Die zum Stand der Technik gehörenden US-PS'en 5 360 540, 5 192 432, 5 196 115, 5 200 068 und 5 415 768 für Andelman, die US-PS 3 658 674, die Veröffentlichung von Allen M. Johnson et al. "The Electrosorb Process for Desalting Water", März 1970, The Office of Saline Water Research and Development Progress Report Nr. 516, U.S. Department of Interior PB 200 056, und die US-PS 3 658 674 für Benak beschreiben sämtlich Durchflußkondensatoren mit einer porösen Abstandsschicht. Die Poren in der Abstandsschicht können sich durch Trübstoffe, die in dem Speisestrom bereits vorhanden sind, sowie durch Präzipitate und Kristalle, die sich im Gebrauch bilden, zusetzen und verschmutzen.

**[0006]** Die US-PS 5 425 858 für Joseph Farmer beschreibt einen Durchflußkondensator, dessen Abstandsschichten einen offenen Kanal mit einem langen serpentinenförmigen Durchflußweg definieren. Bei dem Farmer-Patent ist der Durchflußweg nicht auch unmittelbar zur Außenseite offen, sondern von einer Dichtung begrenzt und zum Durchfluß zwischen Löchern in den aufeinanderfolgenden vielfachen Strukturschichten und von dort durch einen Auslaß gezwungen. Serpentinenkanäle bilden Krümmungen, an denen sich Kristalle und Präzipitate absetzen können und dadurch den Durchflußweg blockieren. Fluidströmungs-Durchgangslöcher in vielen aufeinanderfolgenden strukturellen Schichten begrenzen den Durchfluß weiter und bieten viele Stellen für das Auftreten von Verschmutzung und eine Vielzahl von Gelegenheiten, wo Feststoffe den Durchflußweg verstopfen können. Ein kurzer Durchflußweg ist zu bevorzugen, um das gesättigte Abprodukt aus dem Kondensator auszuspülen, bevor der kinetische Prozeß der Kristallisierung Präzipitate bildet und Verschmutzung oder Kristalle verursacht. Der lange Durchflußweg, den ein serpentinenförmiger Kanal bildet, erschwert das Ausspülen des Kondensators vor dem Auftreten der Kristallisierung. Wenn sich einmal Feststoffe im Inneren des Kondensators gebildet haben, ist es um vieles schwieriger, sie durch einen langen umschlossenen Durchflußweg hindurch auszuwaschen.

**[0007]** Das Farmer-Patent weist noch andere Nachteile auf. Die Plattenrahmenkonstruktion ist von einer Vielzahl von Dichtungselementen abhängig. Dadurch ergeben sich zahlreiche Gelegenheiten für Undichtheiten,

und daher ist Hardware wie etwa schwere strukturelle metallische Endplatten und Gewindestäbe notwendig, um den Stapel dicht zusammenzupressen. Die strukturellen metallischen Endplatten sind leitfähig und erfordern daher zusätzlich zu den Dichtungsabstandhaltern eine zusätzliche nichtleitfähige Isolierungsschicht zwischen den Endelektroden und der Endplatte. Die Elektroden in der Farmer-Vorrichtung bestehen aus einem Titanmetallblech, das zwischen zwei Schichten mit großer Oberfläche angeordnet ist. Um auslaufdichte Abdichtungen zu erhalten, müssen die Titanmetallbleche außerdem dick und tragend sein und dürfen nicht die dünnen Metallfolien sein, die in den Andelman-Patenten angegeben sind. Das erhöht die Kosten und die Masse des Systems. Außerdem ist Titan nicht die beste Wahl, weil Titan ein Ventilmetall ist und einen nichtleitfähigen Oxidbelag unter Bedingungen bildet, die beim Gebrauch des Durchflußkondensators eintreten können. Schließlich verwendet die Farmer-Vorrichtung ein leitfähiges Epoxid und keinen Kompressionskontakt zwischen den Titanblechen und den Materialien mit großer Oberfläche. Dadurch wird der Widerstandswert des elektrischen Kontakts unnötig erhöht. Die Verwendung von Klebstoff zur Bildung eines Kontakts würde außerdem die Lebensdauer der Kondensatorvorrichtung wegen einer eventuellen Verschlechterung der Verbindung verkürzen.

**[0008]** Es besteht daher ein erheblicher und nicht befriedigter Bedarf für eine neue und verbesserte Durchflußkondensator-Vorrichtung, ein entsprechendes Verfahren und System. Ein solcher Kondensator wäre verschmutzungsbeständig. Es wäre ferner vorteilhaft, daß ein solcher Kondensator Abwasser reduziert oder auch vollständig eliminiert. Schließlich wäre es erwünscht, daß ein solcher Kondensator einfach herzustellen ist und keine unnötigen Teile hat, die entweder die Kosten erhöhen oder die Brauchbarkeit des Kondensators einschränken.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0009]** Die Erfindung betrifft einen schmutzbeständigen Kondensator, ein entsprechendes System und Verfahren, und speziell einen Kondensator, ein System und ein Verfahren zum Trennen von Gelöstem oder Fluiden, die dazu tendieren, den Kondensator zuzusetzen oder zu verschmutzen.

**[0010]** Die Erfindung weist einen Durchflußkondensator auf, der mindestens eine Anode und mindestens eine Kathode hat, die ausgebildet sind, um an eine Energieversorgung angeschlossen zu werden, wobei der Kondensator angeordnet und ausgebildet ist zum Gebrauch bei der Trennung, elektrischen Reinigung, Konzentration, Wiedergewinnung oder elektrochemischen Aufbereitung oder dem Abbau von Gelöstem oder Fluiden, insbesondere von Gelöstem und Fluiden, die gesättigt oder im wesentlichen gesättigt sind und dazu tendieren, den Kondensator zu verschmutzen.

**[0011]** Der Kondensator weist folgendes auf: eines oder mehrere monolithische, voneinander beabstandete Anoden- und Kathoden-Paare, die ein elektrisch leitfähiges Material mit großer Oberfläche enthalten und einen nichtleitenden Abstandhalter zwischen den Anoden- und Kathoden-Elektroden haben, wobei der Kondensator gekennzeichnet ist durch: einen offenen Durchflußweg zwischen den Elektroden, um das ungehinderte Fließen des Fluids über die Elektrodenoberfläche zu gestatten, wobei die Breite des Durchflußwegs geringer als 0,127 cm (50 mil) ist und wobei der offene Durchflußweg mindestens eine Dimension aufweist, die zu einer Außenseite des Kondensators geöffnet ist.

**[0012]** Der schmutzbeständige Durchflußkondensator der Erfindung ist imstande, gesättigte Lösungen zu behandeln. Der Durchflußkondensator berücksichtigt, daß die anschließende Bildung von verschmutzenden Präzipitaten und Kristallen aus einer übersättigten Lösung ein kinetischer Prozeß ist. Daher ist die Konstruktion des Durchflußkondensators so ausgebildet, daß der Fluiddurchflußweg durch den Kondensator kurz, allgemein gerade und offen ist. Um ein optimales und ungehindertes Auswaschen von Feststoffen im Kondensator zu ermöglichen, ist es ferner vorteilhaft, daß dieser Durchflußweg direkt zur Außenseite des Kondensators offen ist und nicht unmittelbar durch eine Vielzahl von Löchern oder Verengungen verläuft. Daher kommunizieren die von den beabstandeten Elektroden geschaffenen offenen Kanäle direkt mit der außenseitigen Oberfläche des Kondensators. Diese Kanäle sind nicht von einem Dichtungselement umgeben, sondern haben bevorzugt eine Dimension, die vollständig frei von Durchflußhindernissen ist. Wo immer dies möglich ist, wird es auch bevorzugt, den Durchflußweg breit auszubilden.

**[0013]** Ein kurzer, gerader, offener Durchflußweg, der unmittelbar mit der außenseitigen Oberfläche des Kondensators in Verbindung ist, bietet viele Vorteile. Eine Abprodukt- oder Einsatzlösung einschließlich einer gesättigten oder einer übersättigten Lösung kann aus dem Kondensator ausgewaschen werden, bevor der Kristallisierungsvorgang stattfindet. Wenn die Abprodukt- oder Einsatzlösung lang genug im Kondensator verbleibt, so daß sich Kristalle im Inneren des Kondensators bilden, können diese verschmutzenden Kristalle durch den

geraden und offenen Durchflußweg ausgewaschen werden. Trübstoffe oder Teilchen, die in dem Einsatzmaterial anwesend sind, können ebenfalls durch den Kondensator hindurch ausgewaschen werden, ohne das System zu verschmutzen. Da der Durchflußweg direkt zur Außenseite offen ist, ist es auch möglich, zwischen den Elektroden eine mechanische Reinigung vorzunehmen, ohne den Kondensator zu demontieren.

**[0014]** Der allgemein gerade, kurze, offene breite Durchflußweg des Gelösten kann erhalten werden durch Ersetzen des porösen Abstandhalters der Kondensatoren mit einer Vielzahl von dünnen Streifen, Beilegscheiben, Zwischenscheiben oder offenem Netz oder Geflecht (wie es etwa von Nalle Plastics Inc., Austin, Texas, unter dem Warennamen Naltex verkauft wird), was bevorzugt ein bidirektionales Filtrationsnetz umfaßt. Die Abstandhalter können jedes inerte, nichtleitfähige Material sein wie etwa, ohne daß dies eine Einschränkung bedeutet, Fluorkohlenstoff-Polymeren wie Teflon®; Keramikkügelchen; verschiedenen geformte Unterlegscheiben; einzelne Ausgleichscheiben; oder Kunststoffnetz, bevorzugt bidirektionales Filtrationsnetz oder -geflecht. Die Abstandhalter können Mikrovorsprünge aufweisen, die mittels Siebdruck auf die Elektroden gedruckt sind, wie in der US-PS 5 384 685 für Tong et al., "Screen printing of microprotrusions for use as a space separator in an electrical storage device" angegeben wird, die hier summarisch eingeführt wird. Kurz gesagt, kann jedes Material in jeder Form, das im Querschnitt dünn und elektrisch nichtleitfähig ist, verwendet werden, um die Anoden- und Kathoden-Elektroden des Kondensators voneinander zu beabstandern.

**[0015]** Abstandhalter brauchen keine separaten Schichten zu sein, sondern können auch in innere oder äußere Abstützungen eingebaut sein. Beispielsweise kann ein innerer Stützstab Ausnehmungen oder Kerben enthalten, die dazu dienen, die Elektroden zu beabstandern. Das gleiche kann mit einer äußeren Abstützung oder einem Gerüst erreicht werden. Um den inneren Widerstand des Kondensators möglichst niedrig zu halten, sollte der Abstand zwischen den Elektroden möglichst eng sein. Eine zu enge Durchflußbahn erhöht jedoch die Gefahr eines ungewollten Kurzschlusses zwischen den Schichten und verstärkt die Verschmutzung. Die optimale Dicke der Abstandhalter ist bei einer Ausführungsform kleiner als ungefähr 0,127 cm (50 mil), beispielsweise zwischen ungefähr 0,0127 cm (5 mil) und 0,0508 cm (20 mil).

**[0016]** Da die vorliegende Erfindung keine fest abgedichteten, mit Dichtungselementen versehenen Abstandhalter zur Bildung eines Durchflußwegs benötigt, braucht das Abstandhaltermaterial keine elastische oder gummiartige Beschaffenheit zu haben. Das Abstandhaltermaterial dient nur dem Beabstanden der Elektroden voneinander und nicht der Bildung einer Abdichtung im Kondensator. Daher wird nur eine ausreichende Kompression benötigt, um die Schichten zusammenzuhalten oder einen elektrischen Kontakt zwischen den leitfähigen Schichten mit großer Oberfläche und etwaigen fakultativen leitfähigen Stützschichten an den Elektroden auszubilden. Es sind entweder keine Endkappen erforderlich, oder es können mechanisch weniger feste nichtleitfähige Materialien wie etwa Kunststoffmaterialien verwendet werden. Daher können die schweren strukturellen metallischen Endplatten und die verbindenden Gewindestangen entfallen. Infolgedessen kann die Isolierschicht der früheren oder bekannten Vorrichtungen, die zwischen der Endplatte und den Ende-Elektroden angeordnet sind, entfallen. Es gibt viele mögliche geometrische Konfigurationen, die einen allgemein geraden und offenen Durchflußweg kombinieren. Bevorzugt sollte der Durchflußweg außerdem kurz sein und direkt mit der außenseitigen Oberfläche kommunizieren. Abstandhalter können auch und gleichzeitig die Funktion haben, eine innere Abstützung für einen Druckkontakt zwischen Schichten mit großer Oberfläche und leitfähigen Stützschichten herzustellen. Wenn es möglich ist, ist ferner ein breiter Durchflußweg vorteilhaft. Im allgemeinen verwendet die vorliegende Erfindung bei der bevorzugten Ausführungsform eine Vielzahl von geraden, parallelen Durchflußwegen durch die voneinander beabstandeten Elektrodenschichten; stärker bevorzugt gibt es mindestens so viele Durchflußwege wie Abstandhalter zwischen den Elektroden.

**[0017]** Die Breite des Durchflußwegs sollte kurz sein und ebenso wie die Dicke weniger als ungefähr 0,127 cm (50 mil) sein, und stärker bevorzugt ungefähr 0,0127 cm bis 0,0508 cm bis 0,0762 cm (5 bis 20 bis 30 mil) sein. Die Länge des Durchflußwegs sollte ebenfalls kurz sein und sollte gewöhnlich die kleinere Dimension der X-Y-Z-Dimensionen des Kondensators sein und ihre Länge sollte nicht länger als die Länge oder Höhe der Elektrode sein, beispielsweise kleiner als ungefähr 30,48 cm (12 inches), z. B. ungefähr 15,24 cm (sechs inches) oder weniger.

**[0018]** Die Elektroden können aus jedem Material mit großer Oberfläche hergestellt sein. Wenn es erwünscht ist, die Leitfähigkeit des leitfähigen Materials mit großer Oberfläche zu erhöhen, kann eine weitere Stützschicht in unmittelbarem Kontakt mit den Elektroden verwendet werden. Wenn die elektrische Eigenleitfähigkeit der Elektroden ausreicht, kann diese leitfähige Stützschicht entfallen. Es ist vorteilhaft, den Eigenwiderstand des Kondensators möglichst niedrig zu halten. Der Eigenwiderstand begrenzt die Ladedauer des Kondensators, was wiederum die letztendlichen Massen- und Fluideindrückraten direkt begrenzt, die von Gelöstem und Lösungen gereinigt werden können. Ein Eigenwiderstand von weniger als ungefähr 4 Ohm, beispielsweise 1

Ohm, wird bevorzugt.

**[0019]** Die Elektroden können aus jedem monolithischen leitfähigen Material mit großer Oberfläche als mindestens ein Anoden-/Kathoden-Paar hergestellt sein. Wenn das Material mit großer Oberfläche leitfähig, jedoch nicht optimal leitfähig ist, kann eine elektrisch leitfähige Unterschicht verwendet werden. Leitfähige Materialien mit großer Oberfläche, die zum Gebrauch bei der vorliegenden Erfindung geeignet sind, umfassen (ohne daß dies eine Einschränkung bedeutet): Aktivkohle; mit einem Halogen aufbereitete Aktivkohle; Kohlenstoffschäume; Kohlenstoff-Aerogel und Aerogel-Verbundmaterialien; Nanotubes; leitfähige Polymere, insbesondere in poröser oder Netzform; polymerisierte Fullerene; oder jedes leitfähige Material mit großer Oberfläche. Auch leitfähige Keramikwerkstoffe können verwendet werden, und zwar entweder für sich oder an Substraten mit großer Oberfläche imprägniert, was verschiedene Formen von Kohlenstoff wie Fasern, Schaum, Pulver oder Aerogel einschließt. Im allgemeinen wird die Funktion des Kondensators dadurch verbessert, daß ein elektrisch aktiviertes kleines oder großes Molekül an dem leitfähigen Material mit großer Oberfläche absorbiert wird. Ein anderes bevorzugtes leitfähiges Material mit großer Oberfläche sind leitfähige Übergangsmetallocide, Nitride oder Boride, die unter Anwendung eines Sol-/Gel-Verfahrens hergestellt sind. Pulverförmige Materialien mit großer Oberfläche können zu monolithischen Elektroden gesintert oder mit Bindematerialien miteinander verbunden werden. Ein monolithisches Material mit großer Oberfläche kann Aktivkohle sein, die gemeinsam mit einem Binder gesintert und mit einem Metall dotiert ist.

**[0020]** Eigenleitfähige Elektroden, bei denen keine Unterschicht benötigt wird, weisen Präparate aus graphitischem Kohlenstoff mit großer Oberfläche, gereckte Metalle mit großer Oberfläche, Metallfasern oder Metallgitter bzw. -netze auf. Beispielsweise sind Titanfasern bekannt, die mit Platinschwarz mit großer Oberfläche beschichtet und als Elektrodenmaterialien auf dem Markt sind. Andere Beispiele umfassen platinbeschichtetes Niobium und geschäumte Metalle. Kohlenstoffmaterialien mit großer Oberfläche können mit Metall oder graphitischen Fasern oder Geflechten vermischt und zu monolithischen Einheiten geformt werden.

**[0021]** Ein anderer Elektrodentyp weist ein nichtleitfähiges Material mit großer Oberfläche in innigem Kontakt mit einer leitfähigen Unterschicht auf. Ein Beispiel dafür wäre eine Oxidschicht auf geätztem Tantal oder Aluminium, oxidierte leitfähige Keramikmaterialien oder Dünnschichten, die auf einem leitfähigen Material mit großer Oberfläche abgeschieden sind. Ein Kondensator mit diesem Material bietet den Vorteil, daß die Lösung vor einem direkten Kontakt mit einem leitfähigen Material geschützt ist. Daher kann der Kondensator unter viel höheren Spannungen von bis zu 50 V oder höher betrieben werden im Gegensatz zu einem bloßen leitfähigen Material mit großer Oberfläche, das durch die Durchbruchspannung der Lösung begrenzt ist.

**[0022]** Die Erfindung wird zum Zweck der Veranschaulichung nur in Verbindung mit den Ausführungsformen beschrieben; ein Fachmann kann jedoch zahlreiche Modifikationen, Änderungen, Verbesserungen und Hinzufügungen an den Ausführungsbeispielen oder den gezeigten Ausführungsformen vornehmen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0023]** [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) sind schematische Explosionsansichten eines Kondensators der Erfindung vom Typ mit Unterlegscheiben;

**[0024]** [Fig. 3A](#)-G sind Darstellungen verschiedener Abstandhalter, die bei dem Kondensator der Erfindung verwendet werden können;

**[0025]** [Fig. 4A](#) zeigen eine zusammengebaute Kondensatorkartusche von [Fig. 1](#) oder [Fig. 2](#);

**[0026]** [Fig. 4B](#) zeigt eine zusammengebaute Kondensatorkartusche von [Fig. 4A](#) in einem Kartuschenhalter als teilweise weggeschnittene Ansicht;

**[0027]** [Fig. 5](#) ist eine schematische Ansicht eines kurzen, flachen, spiralförmig gewickelten Kondensators der Erfindung in teilweise zusammengebauter Form;

**[0028]** [Fig. 6](#) zeigt den zusammengebauten, spiralförmig gewickelten Kondensator von [Fig. 5](#) in einer Kartusche;

**[0029]** [Fig. 7A](#) zeigt in teilweise zusammengebauter Form einen sichelförmig gefalteten Kondensator;

**[0030]** [Fig. 7B](#) zeigt den zusammengebauten Kondensator von [Fig. 7A](#);

[0031] [Fig. 8](#) zeigt eine beispielhafte, teilweise abgeschnittene Perspektivansicht eines Vielfachverteiler-Durchflußkondensators der Erfindung;

[0032] [Fig. 9](#) zeigt als Explosionsansicht einen demontierten Kondensator der Erfindung vom flachen Typ;

[0033] [Fig. 10](#) zeigt einen zusammengebauten flachen Durchflußkondensator der Erfindung in einer kastenartigen Kartusche;

[0034] [Fig. 11A](#) ist eine schematische perspektivische Teilansicht eines Kondensators der Erfindung vom Hexagonstab-Typ;

[0035] [Fig. 11B](#) ist eine schematische perspektivische Teilansicht einer anderen Ausführungsform eines Hexagon-Kondensators der Erfindung;

[0036] [Fig. 12](#) ist eine schematische perspektivische Teilexplorationsansicht eines Hexagonstab-Kondensators der [Fig. 11A](#) oder [Fig. 11B](#) in einer Kartusche;

[0037] [Fig. 13A](#)-F sind schematische Darstellungen verschiedener monolithischer Elektroden zum Gebrauch in dem Kondensator der Erfindung;

[0038] [Fig. 14](#) ist eine schematische Ansicht eines Systems, in dem der Kondensator der Erfindung verwendet wird;

[0039] [Fig. 15](#) ist eine schematische Ansicht eines Vielfach-Kondensatorsystems der Erfindung;

[0040] [Fig. 16](#) ist ein Diagramm von experimentellen Daten der elektrischen Leitfähigkeit einer NaCl-Lösung in  $\mu\text{S}$  gegenüber dem kumulativen Fluidvolumen in ml; und

[0041] [Fig. 17](#) ist ein Diagramm von experimentellen Daten der elektrischen Leitfähigkeit einer gesättigten  $\text{CaSO}_4$  Lösung gegenüber der Anzahl von Lade- und Entladezyklen des Kondensators.

[0042] Es können verschiedene Durchflußkondensator-Geometrien verwendet werden, denen sämtlich ein kurzer, gerader und offener Fluideindrucksweg gemeinsam ist. All diesen bevorzugten Ausbildungen in den Zeichnungen sind eine Vielzahl von parallelen Durchflußwegen innerhalb desselben Kondensators gemeinsam, welcher der Einfachheit halber nachstehend im Singular aufgeführt wird. Sämtlichen Kondensatoren ist außerdem ein gemeinsamer Durchflußweg gemeinsam, der in direkter Kommunikation mit der Außenseite ist. Die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) zeigen Kondensatoren mit Elektroden vom Unterlegscheibentyp um ein zentrales Rohr oder einen zentralen Stab herum. Die Durchflußbahn verläuft zwischen den Scheibenelektroden und nach außen durch das zentrale Rohr. [Fig. 6](#) zeigt eine kurze, flache, spiralförmig gewickelte Anordnung, bei welcher der Durchflußweg zwischen den Elektroden in der Längsrichtung parallel mit der zentralen Achse verläuft. Der spiralförmig gewickelte Kondensator kann ein tragendes zentrales Rohr oder einen solchen Stab enthalten. Die Elektroden können auch als ineinandergriffige oder überlappte Faltungen in verschiedenen flachen oder zylindrischen Geometrien ausgebildet sein. Die [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) zeigen eine Sichelfaltenausbildung, wobei die Elektroden als überlappte Falten um ein zentrales Rohr herum angeordnet sind und der Durchflußweg zwischen den Elektroden in der Horizontalrichtung und dann in Längsrichtung nach außen durch das zentrale Rohr geht, das entlang seiner Länge Löcher aufweist. Alternativ kann es vorteilhaft sein, das zentrale Rohr durch einen geriffelten Stab zu ersetzen, so daß der Durchflußweg durch Rippen oder Kanäle entlang der Stablänge verläuft. [Fig. 9](#) zeigt einen Flachkondensator aus rechteckigen Elektroden, wobei der Durchflußweg über die kurze Dimension der Elektroden zwischen den Elektroden verläuft. Alternativ könnten diese Vielfachelektroden durch zwei oder mehr ineinandergriffige gefaltete Elektroden ersetzt werden.

[0043] Zusätzlich zu der Verkürzung des Durchflußwegs sollte der Kondensator so betrieben werden, daß die Polarität in jedem Ladezyklus umgekehrt wird, so daß an den Elektroden kein Nettoaufbau stattfindet. Da die Elektroden elektrisch aktiv sind, wird durch die Polaritätsumkehrung die vorherige Anode zu einer Kathode gemacht und die vorherige Kathode zu einer Anode gemacht. Präzipitate und Ablagerungen, die sich eventuell günstigerweise an einer von entweder der Anode oder der Kathode gebildet haben, werden dadurch entfernt, wodurch eine Verschmutzung des Kondensators weiter verringert wird. Um die Verschmutzung noch mehr zu minimieren, sollte der Durchflußkondensator durch Strömungsumkehrung beispielsweise in jedem Lade- oder Entladezyklus rückgespült werden. Das trägt außerdem dazu bei, den Aufbau von Feststoffen zu vermeiden, weil es keinen Nettodurchfluß in irgendeiner Richtung gibt. Es kann auch von Vorteil sein, den Kondensator

entweder kontinuierlich oder gelegentlich mit einer geringen Überspannung zu betreiben. Das verursacht eine geringfügige Elektrolyse, wodurch die Elektroden von Mikroben und Verschmutzungsstoffen freigehalten werden.

**[0044]** Die Kombination von kurzen, geraden, offenen Durchflußwegen, Polaritätsumkehr und fakultativer Rückspülung erlaubt es dem Durchflußkondensator der Erfindung, selbst gesättigte Lösungen zu reinigen und solche Lösungen durchweg zu konzentrieren, bis die Kristallisierung einsetzt. Dieses Phänomen erzeugt einen weiteren Vorteil. Die durch den geraden, offenen Durchflußweg des Kondensators der Erfindung gebotene Verschmutzungsbeständigkeit ermöglicht es, den Durchflußkondensator so zu betreiben, daß ein festes anstelle eines flüssigen Abprodukts gebildet wird. Um das zu erreichen, ist der Durchflußkondensator an einen Behälter mit gesättigtem Abwasser angeschlossen. Während des Regenerationszyklus wird der Kondensator mit gesättigter Lösung aus dem Abwasserbehälter gefüllt. Der Kondensator wird in dieses gesättigte Wasser entladen, das dann in den Abwasserbehälter zurückgespült wird. Die Ausfällung findet statt, weil der Kondensator bei Desorption seiner Ionen dieses gesättigte Abwasser übersättigt. Der gerade und offene Durchflußweg der vorliegenden Konstruktion macht es möglich, daß die Präzipitate direkt aus dem Kondensator ausgespült und wiedergewonnen oder beseitigt werden. Das Präzipitat setzt sich im Boden des Abwasserbehälters ab und kann durch Dekantieren oder Filtration separat gesammelt werden. Dieser Prozeß kann unbegrenzt wiederholt werden. Anstatt ein Präzipitat zu bilden, kann die Abwasserlösung alternativ übersättigt werden. In diesem Fall kann die Lösung durch Erwärmen, Kühlen, Schwingungen, Impfen mit kleinen Kristallen, Einstellen des pH-Werts oder andere Ausfällungsmethoden zum Ausfällen gebracht werden.

**[0045]** Ein weiterer Nachteil des Stands der Technik, der durch die vorliegende Kondensatorkonstruktion überwunden wird, ist die Verdünnung von Produktlösung mit Totvolumen des Kondensators. Der in der US-PS 5 425 858 beschriebene Kondensator hat ein Totvolumen von 250 ml. Dieses Totvolumen ist schädlich, weil Abwasserlösung, die nach der Entladung zurückbleibt, mit frischer Speiselösung ausgespült werden muß, wodurch zusätzliches Abwasser erzeugt wird. Wenn diese Abwasserlösung nicht adäquat ausgespült wird, erfolgt beim Laden des Kondensators während eines Reinigungszyklus eine ineffiziente Reinigung des Kondensators, weil das konzentrierte Abwasser immer noch in dem Kondensator vorhanden ist. Diese Ineffizienz nimmt mit zunehmender Konzentration der Einsatzlösung zu aufgrund der Tatsache, daß der Kondensator in dieser Situation schneller gesättigt wird und häufiger regeneriert werden muß. Je häufiger der Kondensator regeneriert wird, um so größer ist die Gelegenheit für eine Kontaminierung von Produktlösung mit dem Totvolumen.

**[0046]** Der Durchflußkondensator der vorliegenden Erfindung minimiert das Problem des Totvolumens etwa durch Anschließen des Kondensators an eine Druckgasquelle wie Luft, N<sub>2</sub> oder andere Gase, die so gewählt sind, daß sie mit dem Produkt nicht in Reaktion treten bzw. dieses nicht kontaminieren. Die kurzen und geraden Durchflußkanäle sind optimal, um zuzulassen, daß die Lösung im Inneren mit einem Gas verdrängt wird. Dagegen wäre eine Verdrängung von Flüssigkeit, die in Serpentinenkanälen eines bekannten Kondensators enthalten ist, schwieriger wegen der Tendenz, geschützte Nester zu bilden. Dieses Verdrängen von Totvolumen mit einem Gas oder Fluid ist auch mit der porösen Abstandhalterkonstruktion der übrigen Patente wegen der Kanalbildung schwierig. Jeder Vorsprung oder jede Ungleichmäßigkeit in der Herstellung würde zu einer Kanalierung von Gas oder flüssigen Fluiden sowie zu einer ungleichmäßigen Verdrängung des Abwassers mit dem Gas führen. Keine Vorrichtung nach dem Stand der Technik verwendet ein Gas zum Verdrängen des Totvolumens.

**[0047]** Zwei oder mehr verschmutzungsbeständige Kondensatoren mit kurzem Durchflußweg können in einem System kontinuierlich betrieben werden, wobei der eine auflädt, während der andere entlädt. Zur Wiedergewinnung von Energie kann ein Entladekondensator zum Laden anderer Kondensatoren verwendet werden. Einzelne geladene Kondensatoren können nur verwendet werden, um einen anderen Kondensator aufzuladen, bis ihre Spannungen gleich sind. Bei zwei Kondensatoren gleicher Größe bedeutet dies eine Verschwendug der Hälfte der Energie in dem entladenden Kondensator. Zwei oder mehr dieser halb geladenen Kondensatoren können jedoch in Reihe verbunden werden. Die Reihenspannung von in Reihe verbundenen Kondensatoren ist additiv. Das Verbinden von Kondensatoren in Reihe erlaubt die fortgesetzte Nutzung der Energie der erschöpften Kondensatoren zum Laden anderer Kondensatoren. Die US-PS 5 475 858 beschreibt die Nutzung von Einzelkondensatoren für die Energierückgewinnung zum Wiederaufladen anderer Kondensatoren; eine Reihenschaltung ermöglicht jedoch die Wiedergewinnung von Energie aus der verbleibenden Hälfte der ungenutzten Energie.

**[0048]** Eine Vielzahl von Kondensatoren in einem System ermöglichen das alternierende und kontinuierliche, gleichzeitige Laden und Entladen, um einen ununterbrochenen Produktstrom zu erhalten. Ein ununterbrochener Strom kann auch mit einem einzelnen Durchflußkondensator erreicht werden, indem an der Abstromseite

ein Verweiltank vorgesehen wird, der dazu dient, den Strom zwischen Lade- oder Entladezyklen zu mitteln. Das ermöglicht eine einfachere Konstruktion eines Einzelkondensatorsystems.

**[0049]** Eine weitere Verbesserung des Durchflußkondensators umfaßt das Dotieren der Kohlenstoffelektroden mit einem Metall wie etwa Platin, Titan oder anderen Metallen, die katalytische Eigenschaften haben. Das erlaubt dem Kondensator, chlorierte Kohlenwasserstoffe, Chloroform und andere gefährliche organische Moleküle auf einfache Weise elektrochemisch zu zerstören. Die Metalle überwinden die Aktivierungsenergie von Reaktionen wie etwa das Entfernen eines Halogens aus einem Kohlenwasserstoff oder den Abbau eines organischen Moleküls.

**[0050]** Eine bevorzugte Möglichkeit zur Steuerung des Durchflußkondensators besteht darin, den Kondensator als seinen eigenen Sensor zu nutzen. Bei diesem System werden sowohl der Strom als auch die Zeit aufgezeichnet, wobei der Strom durch einen Nebenschlußwiderstand gemessen wird. Ein Computer integriert den Strom über die Zeit, um die Gesamtladung zu berechnen, die in den Kondensator übertragen worden ist. Nachdem ein voreingestellter Wert der Gesamtladung in den Kondensator gelangt ist, aktiviert eine Steuereinheit automatisch den Regenerationszyklus, wobei zuerst die Energiequelle getrennt wird, dann eine kurze Zeit gewartet wird, um die Elektronik zu schützen, der Kondensator durch eine Last kurzgeschlossen wird und die entsprechenden Ventile und Pumpen betätigt werden, die den Abwasserstrom auswählen und von dem Produktstrom trennen.

#### Beschreibung der Ausführungsformen

**[0051]** [Fig. 1](#) zeigt einen Durchflußkondensator mit gestapelten Unterlegscheiben, dessen Elektroden mit großer Oberfläche eine Unterschicht enthalten. Die Elektroden bestehen aus einer Kombination von elektrisch leitfähigem Material **1** mit großer Oberfläche und einer leitfähigen Unterschicht **2**. Die Endelektroden können entweder ein- oder doppelseitig sein, wogegen die Zwischenelektroden bevorzugt doppelseitig sind. Der elektrische Kontakt zwischen der Schicht **1** mit großer Oberfläche und der leitfähigen Unterschicht **2** ist bevorzugt ein Druckkontakt, der durch die aufschraubbaren Endkappen **7** ermöglicht wird, die auf einem Gewinde **6** des zentralen Stabs oder Rohrs **5** festgezogen sind. Die Elektroden sind in gerader Zahl vorhanden, um wenigstens ein Anoden-/Kathodenpaar zu bilden. Die so gebildeten Anoden und Kathoden sind durch Abstandhalter **3** voneinander getrennt. Integrale Zuleitungen **4** erstrecken sich von der leitfähigen Unterschicht **2**.

**[0052]** Diese Zuleitungen können miteinander verbunden werden, um in paralleler Ausfluchtung mit sich selber die abwechselnden Anoden- und Kathodenschichten separat anzuschließen, oder sie können zusammengefaßt werden, um den gleichen Zweck zu erreichen und eine elektrische Zuleitung zu bilden.

**[0053]** Der Fluiddurchfluß erfolgt zwischen den beabstandeten Elektroden und durch die Löcher **9** und dann durch das zentrale Rohr **5** nach draußen. Anstelle eines Rohrs mit Löchern kann auch ein gerippter Stab vorgesehen werden, wobei der Fluiddurchfluß entlang den Längsrillen erfolgt. Unterlegscheiben **8** sind vorgesehen, um zu ermöglichen, daß die Kartusche eine auslaufsichere Abdichtung im Inneren von Kartuschenhaltern bildet.

**[0054]** [Fig. 2](#) zeigt einen Durchflußkondensator vom Scheibentyp mit Elektroden mit großer Oberfläche, die ausreichend leitfähig sind, so daß keine leitfähige Unterschicht erforderlich ist. Integrale Zuleitungen **4** sind an dem leitfähigen Material mit großer Oberfläche angebracht, so daß abwechselnde Anoden-/Kathodenpaare gebildet sind, die durch Abstandhalter **3** voneinander getrennt sind.

**[0055]** Die [Fig. 3A–G](#) zeigen verschiedene Arten von Abstandhaltern, die in dem Durchflußkondensator der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Der Abstandhalter kann in Form eines offenen Netzes bzw. Geflechts ([Fig. 3A](#)) sein, etwa gefertigtem Filtrationsgeflecht (z. B. Naltex).

**[0056]** Dieses Netz bzw. Geflecht kann symmetrisch oder nichtsymmetrisch sein. Ein biplanares Netz wird bevorzugt, weil diese Webart den Durchflußweg entlang der Oberfläche des Netzes nicht behindert. Das Abstandhaltermaterial kann ebenfalls aus Vorsprüngen wie etwa den Siebdruck-Mikrovorsprüngen der US-PS 5 384 685 von Robert Tong et al. bestehen. Eine bevorzugte Ausführungsform wären kreisförmige Abstandhalter vom Scheibentyp wie etwa der sternförmige Abstandhalter ([Fig. 3C](#)). Eine andere bevorzugte Ausführungsform ([Fig. 3D](#)) würde einzelne Distanzscheiben, kleine Stäbe oder Fäden aufweisen, die zwischen den Anoden-/Kathodenschichten ausgelegt sind, um diese im Abstand voneinander zu halten. Ferner sind Abstandhalter gezeigt, die von einer zentralen oder externen Abstützung integral ausgebildet sind, etwa im Abstand befindliche Kerben in einem zentralen Rohr oder eine externe Gerüstanordnung mit beabstandeten Stufen, auf

denen die Elektroden angeordnet werden ([Fig. 3E](#)).

**[0057]** Unter bestimmten Umständen kann es vorteilhaft sein, von einem kurzen geraden Durchflußweg abzuweichen und statt dessen Durchflußwege vorzusehen, die vielfach, parallel und allgemein zur Außenseite offen aber auch verengt sind; d. h. die lang und serpentinenförmig sind. In diesem Fall können Abstandhalter verwendet werden, wie sie in [Fig. 3F](#) und [Fig. 3G](#) gezeigt sind, solange sie an der Elektrodenoberfläche eng anliegend abgedichtet sind. Eine Einengung des Durchflusses zu einem spiralförmigen oder serpentinenartigen Durchflußweg erhöht die lineare Geschwindigkeit, was den Vorteil haben kann, daß eine erhöhte Turbulenz und Reinigungswirkung zum Entfernen von Verschmutzungsstoffen erzeugt werden. Dieser serpentinenförmige Vielfachströmungs-Durchflußweg eliminiert die Gefahr eines starken Druckabfalls und stellt eine effektivere Technik gegenüber dem Stand der Technik dar. Diese Abstandhalter werden zwar in Verbindung mit dem Kondensator vom Scheibentyp nach den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigt, es ist aber ersichtlich, daß sie zum Gebräuch mit anderen Kondensatoren angepaßt werden können.

**[0058]** Es ist ferner zu beachten, daß die vielfachen parallelen Durchflußwege das Hinzufügen einer zusätzliche Länge zu den einzelnen Durchflußwegen ohne ein Problem in bezug auf Druckabfall infolge einer übermäßigen Verlängerung erlauben. Durchflußwege, die im strengen Sinn kurz und gerade sind, sind ein Ideal, das in den meisten Fällen bevorzugt wird. Eine Ausnahme wäre beispielsweise ein gelartiger Verschmutzungsstoff wie etwa die Ausbildung von Eisenhydroxid, das zum Aufbrechen einen turbulenten oder sehr schnellen Durchfluß benötigen würde. Das häufigste Beispiel, welches einen Durchflußweg verlangt, der so kurz wie möglich, so gerade wie möglich und so breit wie möglich ist, wären rasch kristallisierende Lösungen. In jedem Fall ermöglicht der Durchflußkondensator der Erfindung eine optimale Funktionsweise des Prozesses durch die Nutzung der kürzeren Vielfach-Durchflußwegausbildung nach Wunsch.

**[0059]** Die [Fig. 4A](#)-B zeigen den zusammengebauten Durchflußkondensator der [Fig. 1](#) oder [Fig. 2](#). Die Abstandhalter schaffen einen offenen Raum **10** zwischen dem leitfähigen Material **1** mit großer Oberfläche. Die scheibenförmigen Elektroden sind um ein zentrales Rohr **5** herum angeordnet und in ihrer Lage durch Endkappen **7** gehalten. Zuleitungen **4** verbinden die alternierenden Elektroden unter Bildung von Anoden-/Kathodenpaaren. In einer parallelen Anordnung sind Anoden mit Anoden und Kathoden mit Kathoden verbunden. [Fig. 4B](#) zeigt den zusammengebauten Durchflußkondensator von [Fig. 4A](#) in einem Kartuschenhalter **17**. Der Kartuschenhalter ist mit einem anschraubbaren Deckel **15** mit Gewinde **16** versehen. Der Deckel enthält zwei Graphitstäbe **12**. Wenn der Deckel **15** auf dem Kartuschenhalter **17** verschraubt ist, gelangen die Graphitstäbe mit den beiden konzentrischen elektrischen Kontakten **18** in elektrischen Kontakt. Diese beiden Kontaktelemente sind elektrisch mit den gebündelten Zuleitungen verbunden, die ihrerseits die Anoden und Kathoden mit sich selber verbinden. Die Graphitstäbe **12** sind an einer Feder **11** angebracht, die eine gesteuerte Zugkraft und Abwärtskraft erzeugt, welche den elektrischen Kontakt mit einem konzentrischen Leiter **18** herstellt. Metallkappen **13** bilden einen elektrischen Druckkontakt mit den Graphitstäben **12**, um eine elektrische Verbindung mit Leitungsdrähten **14** zum Anschluß an eine Gleichstromversorgung herzustellen. Der Deckel **15** weist einen Einlaß **19** auf, und der Kartuschenhalter **17** ist mit einem Auslaß **20** versehen. Unterlegscheiben **8** stellen eine Abdichtung sowohl an dem Deckel als auch dem Kartuschenhalter her, um auslaufdichte Abdichtungen zu bilden. Der Durchflußweg verläuft durch den Einlaß, danach zwischen den beabstandeten Elektrodenlagen und nach draußen durch den Auslaß.

**[0060]** [Fig. 5](#) zeigt einen spiralförmig gewickelten Kondensator der vorliegenden Erfindung, bei dem leitfähiges Material **1** mit großer Oberfläche, eine fakultative leitfähige Unterschicht **2** und Abstandsmaterial **3** in Netz- oder offener Gitterform verwendet wird. Elektrische Zuleitungen **4** erstrecken sich von den Elektroden, die aus dem Material **1** oder der fakultativen leitfähigen Unterschicht **2** gebildet sind. Der Kondensator kann fakultativ um eine tragende zentrale Stange **5** herumgewickelt sein. Dieser Kondensator ist bevorzugt kurz und dick, wobei die Breite größer als die Länge des Kondensators, gemessen entlang der Mittelachse, ist.

**[0061]** [Fig. 6](#) zeigt den kurzen dicken Kondensator von [Fig. 5](#) in einem Kartuschenhalter oder einem Rohrstück **17**. Das Rohr **17** ist mit Deckeln **15** versehen, die einen Einlaß **19** und einen Auslaß **20** enthalten. Integrale Zuleitungen **4** sind parallel zusammengefaßt. Drahtleiter **14** erstrecken sich auf auslaufdichte Weise durch den Deckel **15**. Ein Kontakt-element **23** ist zwischen Drahtleitern **14** und den gebündelten Zuleitungen **4** gebildet. In Fällen, in denen die integralen Zuleitungen **4** Graphitfolie sind, wird ein Druckkontakt bevorzugt, wobei fakultativ ein Kontakt aus Gold oder einem inerten Metall verwendet wird. Der Kondensator ist im Inneren eines schrumpfgewickelten Kunststoffrohrs dicht angeordnet. Bei dieser Ausführungsform hat das zentrale Rohr oder die zentrale Leitung eines oder mehrere Löcher an einer ausgewählten Position in dem Rohr, und zwar allgemein in der Mitte des Rohrs, die gewöhnlich um den Rohrumfang herum beabstandet sind. Anstatt die Kondensatorsschicht selber dicht abzuschließen, ist das zentrale Rohr an beiden Enden mit dem Auslaß **20**

([Fig. 6](#)) verbunden oder an dem einen Ende dicht abgeschlossen und an dem anderen Ende mit dem Auslaß **20** verbunden ([Fig. 6](#)). Ein Zwischenraum ist in der umgebenden spiralförmig gewickelten Materialschicht (oder -schichten) mit großer Oberfläche und der fakultativen leitfähigen Schicht (oder Schichten) durch Einschneiden von Schlitten oder Löchern **21** ([Fig. 6](#)) in dieses erforderlich, und die ausgeschnittenen Löcher oder Schlitte müssen mit den Löchern in dem zentralen Rohr ausgefluchtet werden, um einen radialen Durchflußweg zu bilden. Bei dieser Ausführungsform geht der Fluidstrom in den Einlaß **19**, verläuft dann sowohl abwärts als auch aufwärts zwischen den Elektrodenschichten, durch den von dem spiralförmigen Abstandhaltergitter oder -netz gebildeten Zwischenraum, bis das Fluid den zentralen Zwischenraum oder das zentrale Loch in dem zentralen Rohr erreicht, und dann wird das Fluid von einem oder beiden Enden des zentralen Rohrs bzw. der zentralen Leitung entnommen und tritt durch den Auslaß **20** aus. Alternativ kann ein spiralförmig gewickelter Kondensator engpassend in ein Rohr oder eine Kartusche **17** mit O-Ringdichtungen auf die gleiche Weise eingesetzt sein, wie das bei dem gebündelten Stabkondensator von [Fig. 12](#) gezeigt ist. Dabei verläuft der Durchflußweg nach innen durch den Einlaß **19**, abwärts durch den Kondensator zwischen den Elektrodenschichten, durch den von dem Abstandhalternetz oder -gitter gebildeten Zwischenraum und weiter durch den Auslaß **20** nach draußen. Die Deckel **15** können auch in Form von Endkappen ausgebildet sein. Die Deckel **15** und das Rohr **17** können jedes Material sein, was Metall, Kunststoff oder Keramik einschließlich PVC, Teflon oder rostfreien Stahl einschließt.

**[0062]** [Fig. 7](#) zeigt eine sichelförmige Faltenausbildung, wobei die einzelnen Schichten keinen vollständigen Kreis um die Mittelachse herum bilden. Die Schichten bestehen aus leitfähigem Material **1** mit großer Oberfläche, einer fakultativen leitfähigen Unterschicht **2** und Netz- oder offenem Gittermaterial **3**. Integrale Zuleitungen **4** führen direkt von dem Material **1** oder von der leitfähigen Unterschicht **2** weg, wenn diese fakultative leitfähige Unterschicht verwendet wird. Die Schichten sind um ein zentrales Rohr **5** herum gebildet. Die Enden sind mit irgendeiner Abdichteinrichtung **24** abgedichtet, was Harze wie Urethan, Epoxid, warmgeformte Kunststoffe usw. einschließt. Der Durchflußweg verläuft zwischen den voneinander beabstandeten leitfähigen Schichten mit großer Oberfläche entlang dem durch Abstandhalter **3** gebildeten Raum, durch Löcher **9** und nach draußen durch das zentrale Rohr **5**. Dieser Durchflußweg ist nicht vollständig gerade, da er der Krümmung der sichelförmigen Falten entlang der kürzesten Richtung folgt.

**[0063]** [Fig. 8](#) zeigt eine Vielzahl von Kondensatoren irgendeines Typs, beispielsweise der Kondensatoren von [Fig. 7](#), die mit einer Verteilerplatte **25** im Inneren einer einzelnen Kartuschenhalterung **17** zusammengefaßt sind. Integrale Zuleitungen **4** sind Anode zu Anode und Kathode zu Kathode durch Drähte **14** mit Druckkontakte **23** verbunden. Wie [Fig. 6](#) zeigt, verlaufen die Drähte **14** in auslaufsicherer Weise durch einen mit einem Einlaß **19** versehenen Deckel **15**. Der Durchflußweg geht durch den Einlaß **19**, verläuft zwischen voneinander beabstandeten Elektroden in den einzelnen Kondensatoren, wird dann nach Durchfluß durch die Verteilerplatte **25** vereinigt und geht von dort durch den Auslaß **20** nach draußen.

**[0064]** [Fig. 9](#) zeigt einen kastenartigen Durchflußkondensator. Elektroden **1** mit großer Oberfläche sind von rechteckiger Gestalt und mit Abstandhaltern **3** voneinander beabstandet. Die Abstandhalter in [Fig. 9](#) sind als Distanzscheiben gezeigt, können aber auch dünne Stäbe, Fäden, Geflechte oder offene Gitter, Vorsprünge oder ein außenseitiges Gerüst sein. Integrale Zuleitungen gehen von den Elektroden **1** aus und sind an Elektrodenzuleitungs-Sammelleitern **28** parallel zusammengefaßt, und zwar Anode mit Anode und Kathode mit Kathode. Die Elektrodenzuleitungs-Sammelleiter sind mit Befestigungselementen **30** in Anlage an dem innenseitigen Deckel **15** und Unterlegscheiben **29** festgeschraubt, um eine elektrische Verbindung mit Leitungsdrähten **14** herzustellen. Der Kondensator ist eng passend in der Box **26** angeordnet, die polygonale oder kreisrunde Gestalt haben kann. leksichere Deckel **15** mit Einlässen **19** und Auslässen **20** sind an der Box **26** angebracht.

**[0065]** [Fig. 10](#) zeigt den zusammengebauten Durchflußkondensator von [Fig. 9](#). Der Durchflußweg verläuft nach innen durch den Einlaß und zwischen den voneinander beabstandeten Schichten **1** mit großer Oberfläche. Fakultativ können die Schichten mit großer Oberfläche eine leitfähige Unterschicht zwischen sich einschließen.

**[0066]** [Fig. 11](#) zeigt eine Elektrodenausbildung vom Stabtyp. Das leitfähige Material **1** mit großer Oberfläche ist in Gestalt von kreisrunden oder polygonalen, z. B. sechseckigen Stäben. Dieses leitfähige Material kann einen zentralen leitfähigen Stab oder ein solches Rohr **32** haben, um einen leitfähigen Stützkörper für das Material mit großer Oberfläche zu bilden. Die Elektroden **1** mit großer Oberfläche sind durch ein Abstandhaltergerüst **33** voneinander beabstandet, das zentrale leitfähige Stäbe **32** miteinander verbindet. Alternativ können die Elektroden **1** mit großer Oberfläche durch Vorsprünge oder Distanzstücke **34** voneinander beabstandet sein. Leitungsdrähte **14** verbinden abwechselnde Elektroden Anode mit Anode und Kathode mit Kathode in paralleler Verbindung. Dadurch werden Anoden-/Kathodenpaare gebildet, die genau gleich den flachen Elektroden-

konstruktionen sind. Leitungsdrähte **14** sind an den zentralen leitfähigen Stäben **32** über einen Metallkappenverbinder **31** angebracht. Die Metallkappenverbinder **31** sind bevorzugt ein inertes Metall wie etwa Gold oder Platin und bilden eine Druckpassung, wenn die zentralen leitfähigen Stäbe **32** Graphit sind. Die zentralen leitfähigen Stäbe können jedes inerte leitfähige Material sein. Wenn die zentralen leitfähigen Stäbe **32** metallisch sind, können die Metallkappenverbinder **31** entfallen, und der Stab kann einfach herausgezogen oder direkt an Drähten **14** angebracht werden.

**[0067]** [Fig. 12](#) zeigt einen zusammengebauten Kondensator vom Stabtyp, wobei die Stäbe mit einem Schrumpffolien-Kunststoffrohr **22** miteinander verschweißt sind und mit einem auslaufsicheren O-Ring **21** an dem Kartuschenhalter **17** gehalten sind. Leitungsdrähte verlaufen in auslaufsicherer Weise durch den Deckel **15**, der dicht an dem Kartuschenhalter **17** angebracht ist. Der Durchfluß erfolgt durch den Einlaß **19**, zwischen voneinander beabstandeten leitfähigen polygonalen Elektroden mit großer Oberfläche und hinaus durch den Auslaß **20**.

**[0068]** Die [Fig. 13A–F](#) zeigen verschiedene monolithische Elektrodenausbildungen, die eine innere leitfähige Stütze aufweisen. Dies ist für sämtliche der obigen Durchflußkondensatoren nützlich, weil keine Druckpassung mehr erforderlich ist, um einen Kontakt zwischen den Schichten mit großer Oberfläche und den leitfähigen Unterschichten herzustellen. Die Elektroden von [Fig. 13](#) enthalten eine innere leitfähige Unterschicht **2**, die eine Metallfolie, Graphitfolie, ein faserförmiges Material oder ein durchdringendes Netz- bzw. Geflechtmaterial sein kann. In Folienform hat dieses Unter- bzw. Stützmaterial viele es durchsetzende Löcher **35**, um eine Kommunikation und Verbindung mit dem Material mit großer Oberfläche zuzulassen, und ist als Sandwich an beiden Seiten in einer flachen Elektrode ausgebildet. Alternativ kann ein Leiter vom Stabtyp verwendet werden, wobei das Material **1** mit großer Oberfläche direkt um einen zentralen Stab oder Drahtleiter **32** herum gebildet ist. Dieses Material ist zu einem einzigen monolithischen Stück gebondet oder kalziniert und enthält im Inneren das leitfähige Stützmaterial. Beispielsweise kann Aktivkohle oder Aerogelpulver mit einem Phenolbinder vermischt und heißgepreßt werden, um die Formen von [Fig. 13](#) zu bilden, bevor in Abwesenheit von Luft kalziniert wird. Die Zwischenverbindungen, die durch die Löcher in der leitfähigen Stützschicht gebildet sind, halten das Material mit großer Oberfläche zusammen und verhindern, daß es von der Stützschicht aufgrund von Schrumpfung während des Kalzinierens abgezogen wird. Alternativ können Kohlenstoffschichten oder -lagen auf leitfähige Stützschichten aufgebracht und an Ort und Stelle akriviert werden. Integrale Zuleitungen **4** sind von der internen leitfähigen Stützschicht oder dem Stab **32** ausgehend gebildet.

**[0069]** [Fig. 14](#) ist ein Schema eines Durchflußkondensatorsystems. Der Durchflußkondensator **36**, der mit Verteilerventilen **37** verbunden ist, und eine Gleichstromversorgung **40** werden von einem Computer bzw. von programmierbarer Logik **39** gesteuert. Die Einsatzlösung **49** enthält Lösung, die während des Ladezyklus durch den Kondensator **36** gepumpt oder gespeist wird, um gereinigtes Produkt zu bilden. In dem Verweilbehälter **46** wird der während der Ladezyklen erzeugte Produktstrom gepoolt, um einen gemittelten kontinuierlichen Produktstrom **53** zu erhalten. Ein Zähler **55** mißt, wie viel Strom über die Zeit in den Kondensator fließt, bildet ein Strom-/Zeit-Integral, um die Ladung zu berechnen, und startet automatisch den Entladezyklus, nachdem eine vorprogrammierte Ladungsmenge in den Kondensator geflossen ist. Diese Ladung ist ein Grenzpunkt, der einem gewünschten Sättigungspegel des Kondensators entspricht.

**[0070]** Alternativ kann der Kondensator auch mit Sensoren gesteuert werden, welche die Leitfähigkeit, den pH-Wert oder die Konzentration der Speiselösung, der Produktlösung und der Abproduktlösung überwachen. An diesem Punkt wird zuerst die Energieversorgung getrennt, und nach einem der Sicherheit dienenden kurzen Zeitintervall wird der Kondensator durch eine Last entladen. Während der Entladung des Kondensators wird in dem Behälter **43** enthaltene Abproduktlösung durch Dreiwegeventile **38** und Verteilerventile **37** umgeleitet und durch den Kondensator in einer Schleife zurück in einen Absitzbehälter **41** gefördert. Die während des Ladezyklus des Kondensators absorbierten Ionen werden desorbiert und in diese Abproduktlösung abgegeben, während der Kondensator entladen wird. Der Abproduktstrom **50** wird allmählich gesättigt oder übersättigt. Der Absitzbehälter **41** ist mit einem Wärmetauscher **44** ausgestattet, der die Funktion hat, die Temperatur von übersättigten Abprodukten zu ändern, um eine Kristallisation aus der Lösung auszulösen.

**[0071]** Kristalle **42**, die in den Behälter **41** fließen oder darin gebildet werden, setzen sich am Boden ab, von wo sie durch den Auslaß **73** wiedergewonnen werden können. Das gesättigte Abprodukt wird in den Behälter **43** dekantiert, um im nächsten Entladungszyklus genutzt zu werden. Gesättigtes Abprodukt kann direkt durch den Auslaß **52** abgeleitet werden. Sie kann mit Nachspeiselösung durch eine Nachspeiseschleife **51** ersetzt werden, die in einer Querverbindung mit dem Speisestrom **49** steht. Nach dem Entladen des Kondensators wird gesättigtes Abprodukt zu den Behältern **41** und **43** rückgeleitet. Die Verteilerventile **37** werden dann aktiviert, um den Kondensator sowohl für den Abprodukt- als auch den Einsatzstrom zu schließen und ihn zu ei-

nem Druckgasstrom **47** zu öffnen.

**[0072]** Dieser Gasstrom verdrängt die Abproduktlösung aus dem Kondensator, von wo sie in einen Gasabscheidebehälter **56** getrieben wird. Gesättigte Abproduktflüssigkeit aus dem Behälter **56** wird mit dem gesättigten Abproduktstrom durch das Dreiwegeventil **57** wieder zusammengeführt. Gas wird aus dem Behälter durch den Auslaß **48** abgeführt. Es kann auch erwünscht sein, die Speiselösung nach einem Ladezyklus ebenfalls mit Druckgas zu verdrängen. Der Druckgasstrom **47** kann durch Dampf ersetzt werden, der Aktivkohle-Elektroden reaktiviert und den Kondensator von Mikroorganismen befreit bzw. keimfrei macht. Die Querschleife **58** erlaubt die Richtungsumkehr der Speiselösung durch den Kondensator zu alternierenden Ladezyklen, um den Kondensator rückzuspülen. Dadurch wird ein Nettoaufbau von Trübstoffen und Verschmutzungen weiter verhindert. Alle Lösungsflüssigkeiten sollten zuerst in den Boden des Kondensators eingespeist werden, um die gesamte Luft zu verdrängen, wonach der Durchfluß entweder in dieser Richtung beibehalten oder über die Querschleife **58** umgesteuert werden kann, um einen Rückspülzyklus zu erhalten.

**[0073]** Schließlich enthält der Aufbereitungsbehälter **45** Aufbereitungslösungen, die dazu dienen, absorbierte Substanzen wie Metalle, die auf den Elektroden galvanisch abgeschieden werden, organische Verschmutzungsstoffe oder mikrobiologische kontaminierende Substanzen zu entfernen. Es kann auch von Bedeutung sein, den pH-Wert der Einsatzlösung einzustellen, besonders dann, wenn es sich um Metalle handelt, auf denen leicht eine Plattierung erfolgt. Das Ziel ist, den pH-Wert einzustellen oder der Einsatzlösung andere Inhaltsstoffe hinzuzufügen, um die Plattierspannung möglichst hoch zu halten. Das erlaubt es dem Kondensator, über seinen Kapazitätsmodus und über elektrostatische Absorption effektiver zu wirken als durch elektrolytische Extraktion und Elektroplattieren von Metallen auf die Elektroden. Elektroplattierte Metalle benötigen Säuren, Basen, Oxidantien, Lösungsmittel oder andere Zusatzchemikalien, um über den Aufbereitungsbehälter **45** die Elektroden aufzubereiten und die elektroplatierten Metalle wiederzugewinnen. Falls gewünscht, kann eine Pumpe **75** entlang den Speiseströmen wie etwa dem Speisestrom **49**; den Abproduktströmen wie etwa 50 oder irgendwelchen anderen Strömen eingefügt werden.

**[0074]** [Fig. 15](#) zeigt ein Vielfachkondensatorsystem mit kontinuierlich ladenden und entladenden Kondensatoren zur Erzielung eines kontinuierlichen Produktstroms im Gegensatz zu dem Einzelkondensator und Durchflußmittelungsbehälter von [Fig. 14](#). Der Durchflußweg der Kondensatoren **36** kann entweder parallel verbunden sein oder alternativ in Reihe durch die Zweigleitung **54** verbunden sein. Die Reihenverbindung des Durchflußwegs erlaubt eine aufeinanderfolgende stufenweise Reinigung einer konzentrierten Lösung zu einer Produktlösung **53** sehr hoher Reinheit. Die übrigen Komponenten haben die gleiche Funktion und sind gleich bezeichnet wie in [Fig. 14](#).

**[0075]** Bei einer anderen Ausführungsform kann es vorteilhaft sein, in einem oder mehreren oder sämtlichen Durchflußkanälen Leitelemente vorzusehen, um eine Verwirbelung des Fluiddurchflusses durch die Durchflußkanäle zu erzeugen und die Oberflächen abzuwaschen, so daß Verschmutzungsstoffe ausgeleitet oder Verschmutzungsstoffe aus den Durchflußkanälen entfernt werden. Der Wert der Verwendung von Leitelementen zur Durchflußverwirbelung sollte gegen einen etwaigen Druckabfall, der aus der Verwendung solcher Leitelemente resultiert, abgeglichen werden.

**[0076]** Zur Erzeugung von Turbulenz können Leitelemente zwischen den Elektrodenschichten gebildet sein, und zwar entweder integral mit dem Elektrodenmaterial oder, was einfacher ist, mit dem Abstandhaltermaterial. Eine Steigerung der Durchflußrate des Kondensators kann ebenfalls erwünscht sein. Die Leitelemente erzeugen Turbulenz, wodurch Verschmutzungsstoffe von der Elektrodenoberfläche abgewaschen werden.

**[0077]** Andere Methoden zum Verhindern und Behandeln von Verschmutzung umfassen das Waschen des Kondensators mit gereinigter Produktlösung. Dies kann erreicht werden, indem eine Pumpe **75**, die entlang dem Einsatz- oder dem Produktstrom angeordnet ist, einfach umgesteuert wird und gereinigte Lösung aus dem Verweilbehälter **46**, der in [Fig. 14](#) gezeigt ist, zurück gepumpt wird. Alternativ kann eine gesonderte Parallelschleife vorgesehen werden.

**[0078]** Organische Verschmutzungsstoffe tendieren zur Ansammlung an der Elektrodenoberfläche. Mikroorganismen haben die Tendenz, an den Elektroden, insbesondere an Aktivkohle, zu wachsen und sich zu vervielfachen. Vorübergehendes Betreiben des Kondensators mit ausreichend hoher Spannung, um die Elektrolyse zu bewirken, bewirkt eine aktive Reinigung der Elektroden. Auch ein kontinuierlicher Betrieb des Kondensators mit geringfügiger Überspannung, was kontinuierlich eine geringfügige Elektrolyse bewirkt, hält die Elektroden sauber.

**[0079]** Der Kondensator kann Teil einer Kette sein, die andere Wasserreinigungs-Technologien einschließt wie elektrolytische Metallgewinnung, Ionenaustausch, ED, RO, Mikrofiltration und Ultrafiltration, und zwar entweder auf- oder abstromseitig in dem Kondensator. Beispielsweise kann es vorteilhaft sein, Mikrofilter als Vorfilter hinzuzufügen, um Verschmutzungen zu entfernen, die Trübe verursachen, oder als Nachfilter vorzusehen, um Feinstkohlenstoff zu entfernen. Ein Aktivkohle-Vorfilter als Granulat kann vorteilhaft sein, um den Kondensator noch weiter vor organischen Verschmutzungen zu schützen. Grünsand oder Oxidationsmittel können an der Aufstromseite des Kondensators verwendet werden, um Eisen zu entfernen, das ein schleimiges Hydroxid mit der Tendenz zur Verschmutzung des Kondensators bildet. Zur Erzeugung von ultrareinem Wasser kann es außerdem vorteilhaft sein, an der Abstromseite des Kondensators als letzten Schliff ein Entsalzungssystem vorzusehen.

### Beispiel 1

**[0080]** Ein stapelförmiger Wasserdurchflußkondensator von [Fig. 2](#) wurde zusammengebaut unter Verwendung von gesinterter Aktivkohle für die Schicht (1) mit großer Oberfläche und einer Polycarbon-Graphitfolie einer Dicke von 0,0127 cm (5 mil) als leitfähige Unterschicht. Die gesinterten Aktivkohlescheiben wurden von Kansai Coke and Chemicals, Ltd. bezogen. Diese Scheiben hatten einen Außendurchmesser von 3,81 cm (1,5 inches) und einen Innendurchmesser von 1,9 cm (0,75 inches). Sie hatten eine Dicke von 0,117 cm (0,046 inches). Die relative Dichte war 0,7 g/ml, und das Verhältnis von Aktivkohle zu Binder war 7:3. Die verwendete Aktivkohle hatte eine BET-Oberfläche von 2000 m<sup>2</sup>/g. Das zentrale Rohr war ein PVC-Rohr, 2,54 cm (1 inch) lang mit einem Außendurchmesser von 0,953 cm (3/8 inch) und einem Innendurchmesser von 0,64 cm (1/4 inch), und Löcher mit Endgewinde (6) waren in die Seite gebohrt. Endkappen aus PVC hatten eine Dicke von 0,64 cm (0,25 inch) und einen Durchmesser von 4,57 cm (1,8 inch) und ein Innengewinde, das den Endkappen (7) erlaubte, auf beide Enden des zentralen Rohrs (5) geschraubt zu werden. Distanzhalter bestanden aus sechs Teflon-Distanzhaltern mit einer Länge von 1,9 cm (0,75 inches), einer Breite von 0,16 cm (1/16 inch) und einer Dicke von 0,0254 cm (0,01 inches). Diese wurden radial auf der Oberseite der Elektroden angeordnet, wie in [Fig. 3D](#) zu sehen ist. Die Anoden- und Kathoden-Elektroden wurden aus zehn gesinterten Kohlenstoff-scheiben von insgesamt 10 g gebildet, die vier doppelseitige Zwischenelektroden bildeten, wobei das gesinterte leitfähige Aktivkohlematerial (1) mit großer Oberfläche die leitfähige Unterschicht (2) einschloß und zwei einseitige Endelektroden mit der leitfähigen Unterschicht an der Außenseite zwischen dem gesinterten leitfähigen Aktivkohlematerial (1) mit großer Oberfläche und den Endkappen (7) angeordnet waren. Integral mit den leitfähigen Unterschichten (2) ausgebildete Zuleitungen (4) wurden zusammengefäßt zur Bildung von Anoden- und Kathodenzuleitungen, die über einen Druckkontakt aus Gold mit Leitungsdrähten verbunden wurden, die zu einer Gleichstromversorgung führten.

**[0081]** Dieser Kondensator wurde nicht im Inneren eines Kartuschenhalters angeordnet. Ein Ende des zentralen Rohrs wurde mit Urethanharz dicht abgeschlossen. Das andere Ende wurde mit einem Stück Kunststoffschlauch verbunden, das wiederum zu einer Pumpe geführt wurde. Der Durchflußkondensator wurde in einem offenen 200-ml-Behälter mit Einsatzlösung angeordnet, die unter negativem Druck durch den Kondensator gepumpt wurde. Alternativ könnte das Schlauchende in der Einsatzlösung angeordnet werden, und Lösung könnte unter positivem Druck hindurchgepumpt werden.

**[0082]** [Fig. 16](#) zeigt als Diagramm Experimente 1 und 2 mit einer nichtgesättigten NaCl-Einsatzlösung, um die Anwendbarkeit der vorliegenden Erfindung zu demonstrieren. Diese Experimente verwendeten den oben in Beispiel 1 beschriebenen Durchflußkondensator.

### Experiment 1 – kontinuierliche Reinigung von NaCl

Bedingungen:

Einsatzlösung 1035 µS NaCl  
Durchflußrate 0,58 ml/min  
Spannung 2V

### Ergebnisse

**[0083]** Dieses Experiment zeigt eine Reinigung von mehr als zwei Größenordnungen, ausgehend von einem Einsatz von 1035 µS zu einem Produkt von 9 µS. Das zeigt, daß ausgehend von einer konzentrierten Einsatzlösung ein sehr reiner Produktstrom erzeugt werden kann. Ferner wird gezeigt, daß ein Kondensator, der mit vielen kurzen parallelen Durchflußwegen im Vergleich mit langen serpentiniformen Durchflußwegen ausgebildet ist, ein Produkt sehr hoher Reinheit erzeugt.

## Experiment 2 – kontinuierliche Reinigung von NaCl mit schneller Durchflußrate

Bedingungen:

Einsatzlösung 1035 µS NaCl  
 Durchflußrate 4,2 ml/min  
 Spannung 2V

Produktlösung – herunter bis auf 223 µS

**[0084]** Dieses Experiment zeigt eine Reinigung von mehr als 75 % bei einer Durchflußrate, die um mehr als das Siebenfache höher als bei dem Experiment 1 ist.

**[0085]** [Fig. 17](#) ist ein Diagramm und zeigt Experiment 3, bei dem die Brauchbarkeit der vorliegenden Erfindung mit einem gesättigten Einsatzstrom getestet wird. Der in Experiment 3 verwendete Kondensator entspricht dem in Beispiel 1 oben beschriebenen.

Experiment 3 – gleichzeitige chargenweise Reinigung und chargenweise Konzentration von gesättigtem  $\text{CaSO}_4$

**[0086]** Gesättigtes  $\text{CaSO}_4$  wird hergestellt durch Vermischen von destilliertem Wasser mit einem  $\text{CaSO}_4$ -Überschuß und Absitzenlassen des Gemischs auf den überschüssigen Feststoffen über Nacht.

**[0087]** Anfangsbedingungen:

Anfangsleitfähigkeit der gesättigten  $\text{CaSO}_4$ -Lösung ist 1906 µS.

Diese gesättigte Lösung wird in zwei gleiche 200-ml-Volumen geteilt.

Durchflußrate: 12,5 ml/min, chargenweiser Durchfluß. Chargenweiser Durchfluß bedeutet, daß Fluid in einer kreisförmigen Schleife durch den Kondensator gepumpt und mit der Einsatzlösung rekombiniert wird.

## Vorgehensweise

**[0088]** Ein Kondensator wird an eine der zwei gesättigten 200-ml- $\text{CaSO}_4$ -Lösungen angeschlossen und im diskontinuierlichen Betrieb mit 2 V für fünf Minuten betrieben. Dann wird Luft durch den Kondensator gepumpt, bis der Kondensator vollständig entleert ist. Lösung von dem zweiten 200-ml-Volumen von gesättigtem  $\text{CaSO}_4$  wird dann durch den Kondensator gepumpt, während dieser gleichzeitig kurzgeschlossen wird. Dieser Vorgang wird zwanzigmal wiederholt, wobei jedesmal die gleichen Lösungen für den Reinigungszyklus und den Konzentrationszyklus wiederverwendet werden. Die Polarität wurde zwischen jedem Ladungszyklus umgekehrt.

**[0089]** [Fig. 17](#) ist ein Diagramm der Ergebnisse. Nach zwanzig Ladungszyklen ist die chargenweise gereinigte Lösung bis auf 802 µS herunter gereinigt. Nach zwanzig Entladungszyklen ist die chargenweise konzentrierte Lösung auf 2470 µS konzentriert. Diese konzentrierte Lösung ist nun übersättigt. Bei Erhöhung der Temperatur dieser übersättigten Lösung in einem heißen Wasserbad wurde beobachtet, daß Kristalle aus der Lösung ausfallen. Nach Dekantieren dieser Lösung wird eine gesättigte Lösung erhalten, die gesammelt und als Regenerationsstrom wiederverwendet werden kann. Die abgetrennten Kristalle können als Festabfall gesammelt werden.

**[0090]** Beim Reinigen von gesättigten Lösungen wird ein interessantes Phänomen beobachtet. Nach ungefähr 10 Lade-/Entladezyklen beobachtet man, daß der Kondensator die chargenweise Reinigung stufenförmig ausführt. Das ist in dem Diagramm von [Fig. 17](#) zu sehen. Die Reinigung der 200 ml Lösungscharge setzt hauptsächlich in jedem zweiten Ladezyklus ein. Präzipitate, die sich aus der gesättigten Lösung bilden, werden günstiger an einer von der Anode oder der Kathode gebildet und müssen zuerst desorbiert werden, bevor eine erneute Nettoabsorption in der Reinigungslösung erfolgen kann. Das führt zu dem Stufenverhalten, das in [Fig. 17](#) zu beobachten ist.

## Patentansprüche

1. Schmutzbeständiger Durchflusskondensator, welcher zumindest ein Anoden- und Kathoden-Paar zur Verwendung bei der elektrischen Reinigung, Konzentration, Abscheidung, Rückgewinnung oder bei der elektrochemischen Analyse von Lösungen oder Fluiden aufweist, wobei der Kondensator ein oder mehrere monolithische, beabstandete Kathoden-Anoden-Elektrodenpaare aufweist, die ein Material mit großer Oberfläche enthalten, und die zwischen den Anoden- und Kathoden-Elektroden eine nichtleitenden Zwischenlage bzw. ei-

nen nichtleitenden Abstandhalter aufweisen, wobei die Elektroden gekennzeichnet sind durch:  
einen offenen Durchflussweg zwischen den Elektroden, um das ungehinderte Fließen des Fluides über die  
Elektrodenoberfläche zu gestatten, wobei die Breite des Durchflussweges geringer als 0,127 cm (50 mils) be-  
trägt, und wobei der Durchflussweg zumindest eine Dimension aufweist, die zu einer Außenseite des Konden-  
sators geöffnet ist.

2. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem der offene Durchflussweg relativ kurz und hinsichtlich der  
Länge nicht länger als die Länge oder die Höhe der Elektrode ist.

3. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem der offene Durchflussweg geradlinig verläuft.

4. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem der offene Durchflussweg mehrere parallele Durchflusswege  
aufweist.

5. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem die offenen Durchflusswege eine Vielzahl von allgemein pa-  
rallelen, geradlinigen Durchflusswegen aufweisen, die zumindest so viele Durchflusswege aufweisen, wie Zwi-  
schenräume zwischen den Elektroden vorliegen.

6. Kondensator nach Anspruch 5, in welchem der Zwischenraum zwischen den Elektroden einen offenen  
Durchflussweg ausbildet, der den Konturen der Elektroden entlang der kürzesten, geradlinigsten Strecke zu  
der Außenfläche des Kondensators folgt.

7. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem das Material der Zwischenlage integral Materialteile in Un-  
terlegscheiben- oder Gewebeform aufweist.

8. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem das Material der Zwischenlage mehrere Abstandsscheiben,  
Vorsprünge, Streben bzw. Stäbe oder Fäden aufweist.

9. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem das Material der Zwischenlage direkt an dem Elektrodenma-  
terial mit großer Oberfläche in der Gestalt von Rippen, mehreren einzelnen Vorsprüngen oder Lamellen ange-  
bracht hergestellt ist.

10. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem das monolithische Material mit großer Oberfläche aus der  
Gruppe ausgewählt ist, die folgendes aufweist:

- gebondete oder gesinterte aktivierte Kohlenstoffpartikel;
- Aerogelpartikel;
- leitfähige Keramiken;
- Aktivkohle-Fasergewebe;
- mit Platin beschichtete Metallfasern; oder
- Oxide von Übergangsmetalle, Boride und Nitride und Kombinationen hiervon.

11. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem das monolithische Material mit großer Oberfläche Aktivkoh-  
le aufweist, die zusammen mit einem Binder gesintert und mit einem Metall dotiert ist.

12. Kondensator nach Anspruch 1, der eine leitfähige Unterschicht bzw. Verstärkung aufweist, die elek-  
trisch mit dem Material mit großer Oberfläche befestigt ist.

13. Kondensator nach Anspruch 12, in welchem die leitfähige Unterschicht integral Metall- oder Graphitfo-  
lien-Bogenmaterial aufweist.

14. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem die Kondensator-Elektroden in einer spiralförmig gewunde-  
nen Form vorliegen, und in welchem das Material der Zwischenlage in der Gestalt eines offenen Geflechts oder  
Netzes vorliegt.

15. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem die Kondensator-Elektroden in einer sichelförmigen Falten-  
form an einer in der Mitte gelegenen Röhre vorliegen, und in welchem das Material der Zwischenlage in der  
Gestalt eines offenen Netz- oder Maschen- bzw. Geflecht-Materials vorliegt.

16. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem die Kondensator-Elektroden in einer flachen, mehreckigen  
Form vorliegen, und in welchem der Kondensator innerhalb einer flachen, mehreckigen oder runden boxförmig-

gen Kartusche bzw. Einsatz angeordnet ist.

17. Kondensator nach Anspruch 1, wobei die Kondensator-Elektroden in der Gestalt von mehreren Stangen oder Röhren vorliegen.

18. Kondensator nach Anspruch 1, wobei die Kondensator-Elektroden aus einem zusammengesetzten leitfähigen Material mit großer Oberfläche gebildet sind und eine leitfähige Unterschicht oder ein faseriges Netzwerk aufweisen, was zusammen als ein einzelnes, integrales Material ausgebildet sind.

19. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem der Breitenabstand zwischen den Elektroden zwischen etwa 0,0127 cm und 0,0508 cm (25 mils) liegt, und in welchem die Länge des offenen Durchflussweges weniger als etwa 30,48 cm (12 inch) beträgt.

20. Durchflusskondensator-Kartuschensystem, welches zur Verwendung bei der elektrischen Reinigung, Konzentration, Abscheidung, Rückgewinnung oder elektrochemischen Analyse von Lösungen oder Fluiden ausgelegt ist, die dazu neigen, den Kondensator zu verschmutzen, wobei das System folgendes aufweist:  
(a) einen oder mehrere Durchflusskondensatoren nach Anspruch 1;  
(b) zumindest so viele Durchflusswege, wie Zwischenlagen zwischen den Elektroden vorliegen, wobei die Durchflusswege allgemein parallel verlaufen; und  
(c) eine Kartuscheneinheit, um den Kondensator im Inneren in einem auslaufsicheren Behälter mit Fluidströmungs-Zuläufe und Produkt-Abflüsse abzudichten.

21. System nach Anspruch 20, in welchem die Kondensatorkartusche ein nicht Flüssigkeit führendes Volumen bzw. Flüssigkeits-Totvolumen aufweist, und wobei das System eine Einrichtung enthält, um aus dem nicht Flüssigkeit führenden Volumen Flüssigkeit mit unter Druck stehendem Gas zu entfernen.

22. System nach Anspruch 20, welches eine Quelle von gesättigtem Schmutz bzw. Ausschuss in Kommunikation mit und zur Verarbeitung durch den Kondensator sowie eine Einrichtung zum Wiederaufbereiten bzw. Recyceln des gesättigten Schmutzes bzw. Ausschusses und zum Rückgewinnen des Ausschusses als ein festes Fällungsprodukt bzw. Kondensat aufweist.

23. System nach Anspruch 22, welches einen Scheidebehälter aufweist, der mit einer Einrichtung zum Auslösen einer Abscheidung von einer übersättigten Lösung ausgerüstet ist.

24. System nach Anspruch 20, welches ein Steuersystem aufweist, das gesteuert wird, indem Strom über die Zeit integriert wird, um eine festgelegte Ladungsmenge zu berechnen, die einen Regenerationszyklus des Kondensators auslöst.

25. System nach Anspruch 20, welches einen einzelnen Kondensator sowie einen Verweiltank aufweist, um den Durchfluss des Fluides, das verarbeitet wird, zu mitteln, um einen gleichmäßigen Produktstrom bereitzustellen.

26. System nach Anspruch 20, welches drei oder mehrere sich zeitgleich regenerierende Kondensatoren in dem System aufweist, und wobei mehrere Kondensatoren elektrisch in Reihe geschaltet sind und verwendet werden, um eine kleinere Anzahl von Kondensatoren in dem System zu entladen.

27. System nach Anspruch 20, in welchem bei jedem Ladungs- oder Entladungszyklus die Strömung der Lösung in den Strömungszulauf durch den Kondensator hindurch umgekehrt wird, oder in welchem bei jedem Ladungs- oder Entladungszyklus die Polarität der Elektroden umgekehrt wird.

28. Verfahren zum Behandeln einer Lösung oder eines Fluids, um einen Produktstrom bereitzustellen, wobei das Verfahren das Durchlaufen eines Zufuhrstromes der Lösung oder des Fluides durch die offenen Durchflusswege des Kondensators nach Patentanspruch 1 aufweist.

29. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem die Zwischenlage ein biplanares Netz- bzw. Geflechtmateriale aufweist.

30. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem die Elektrode eine leitfähige Unterschicht bzw. Verstärkungsschicht aufweist.

31. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem der innere elektrische Widerstand des Kondensators weniger als etwa 4 Ohm ist.
32. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem die Elektroden ein nicht leitfähiges Material mit großer Oberfläche in Kontakt mit einem leitfähigen Unterschichtmaterial bzw. Verstärkungsmaterial aufweisen.
33. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem die Zwischenlage durch mit einem Siebdruckverfahren ausgebildete Mikro-Vorsprünge gekennzeichnet ist.
34. Kondensator nach Anspruch 1, in welchem der offene Durchflussweg mehrere geradlinige, parallel verlaufene Durchflusswege mit einer Breite kleiner als 0,127 cm (50 mils) und mit der kleineren Dimension der X-Y-Z-Dimensionen der Elektrode aufweist.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

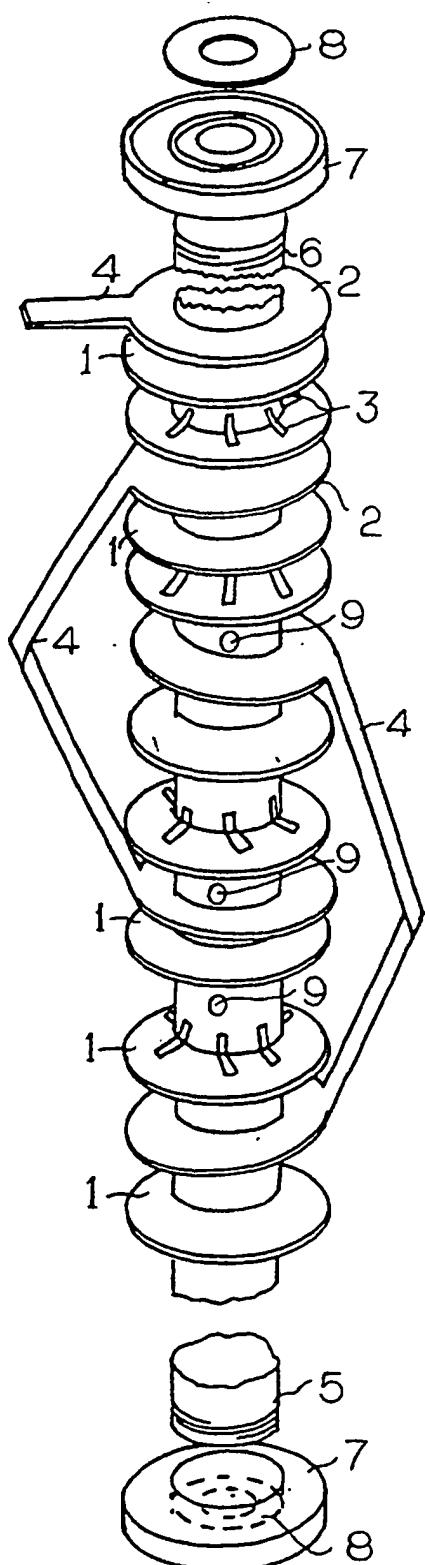


FIG. I

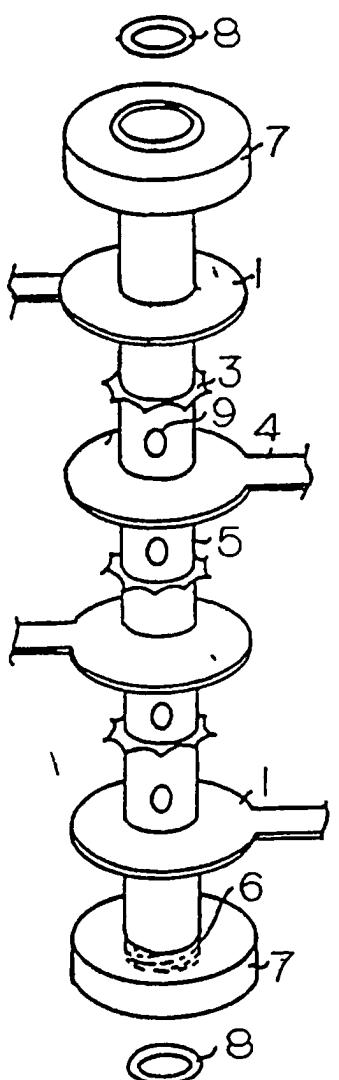
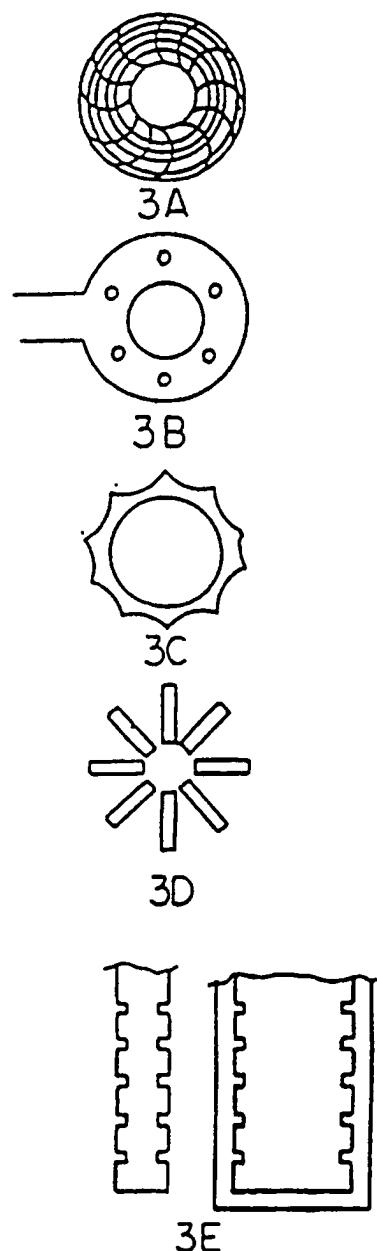
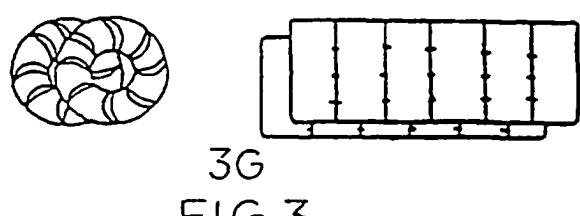


FIG.2



3F



3G

FIG.3

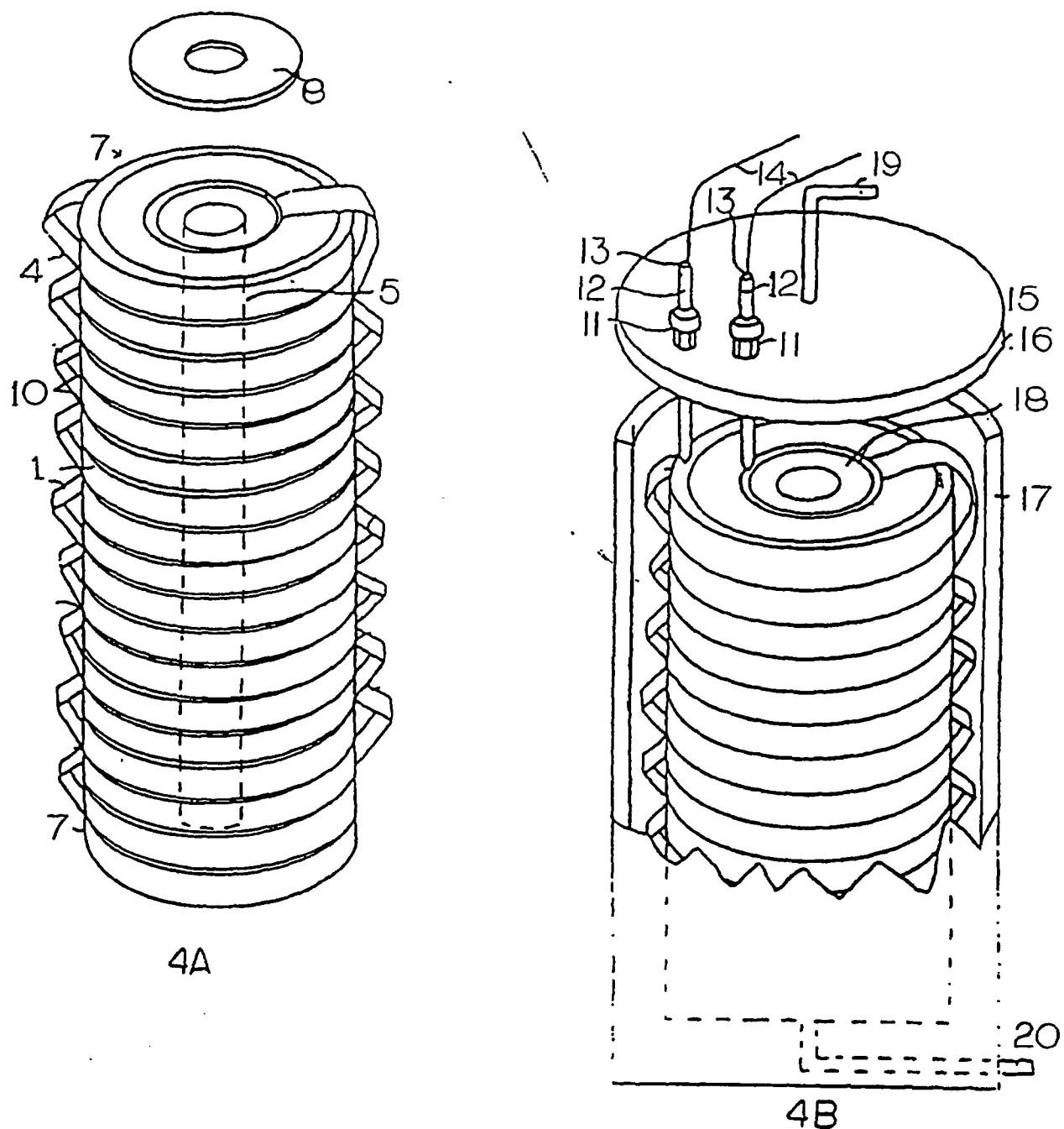


FIG. 4

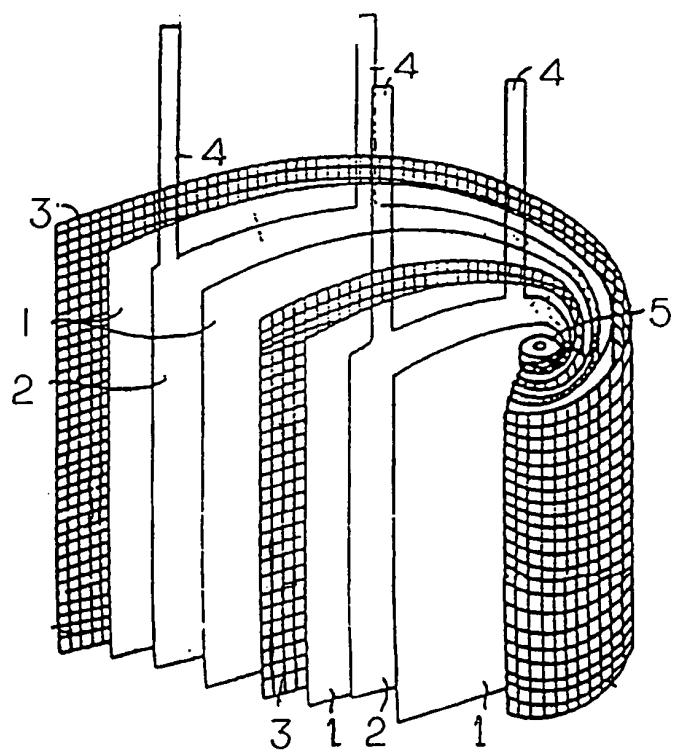


FIG.5

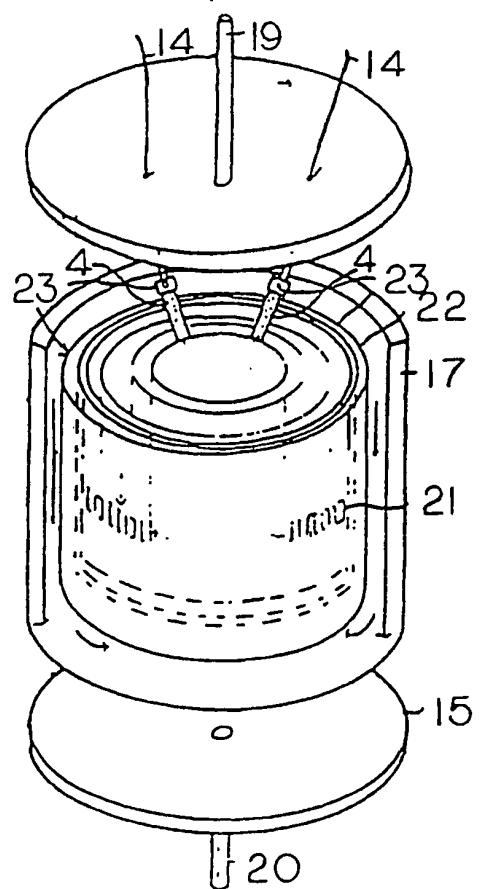


FIG.6

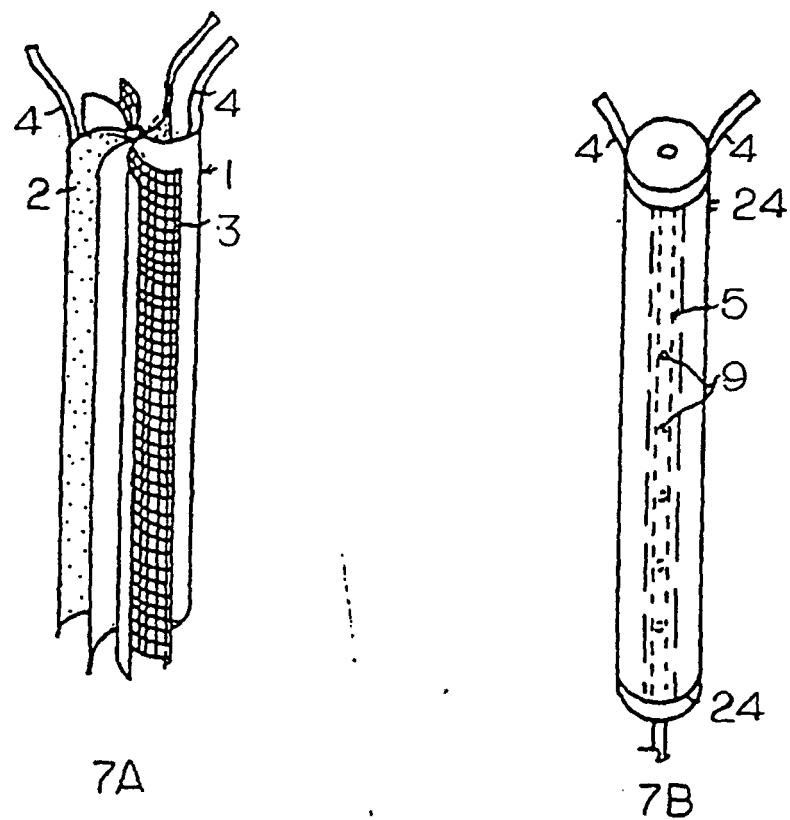


FIG. 7

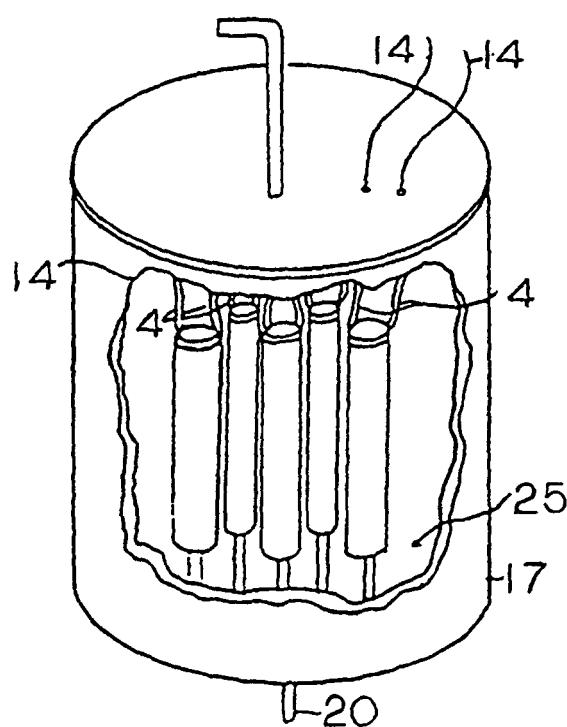


FIG. 8

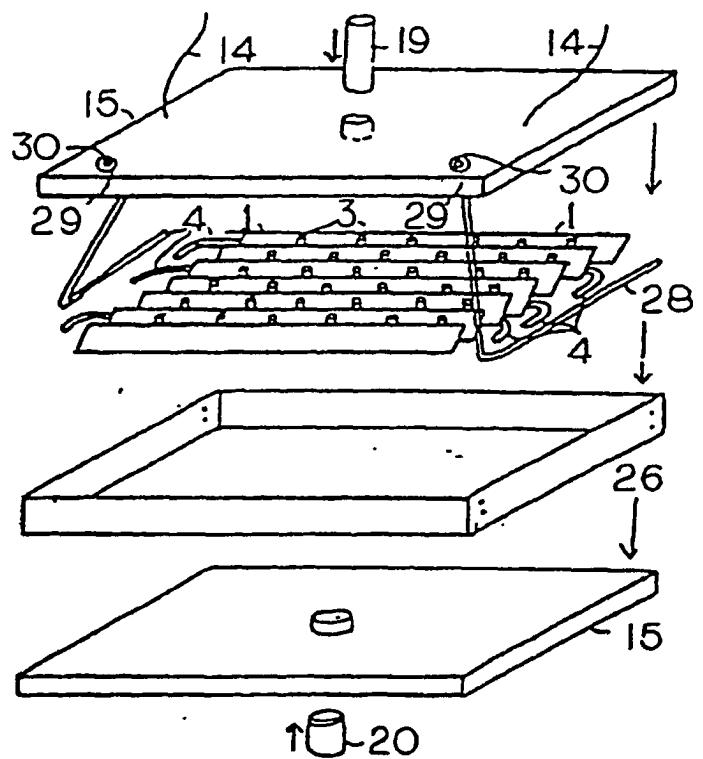


FIG. 9

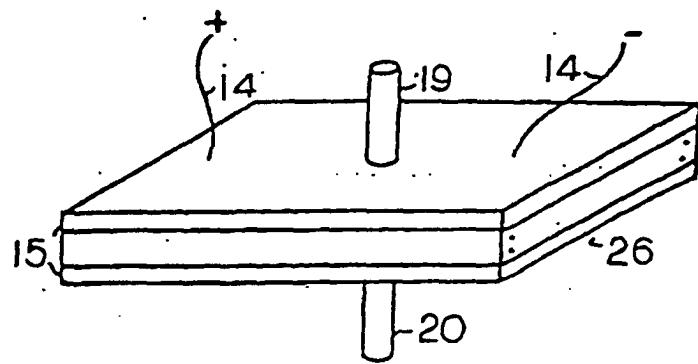


FIG. 10

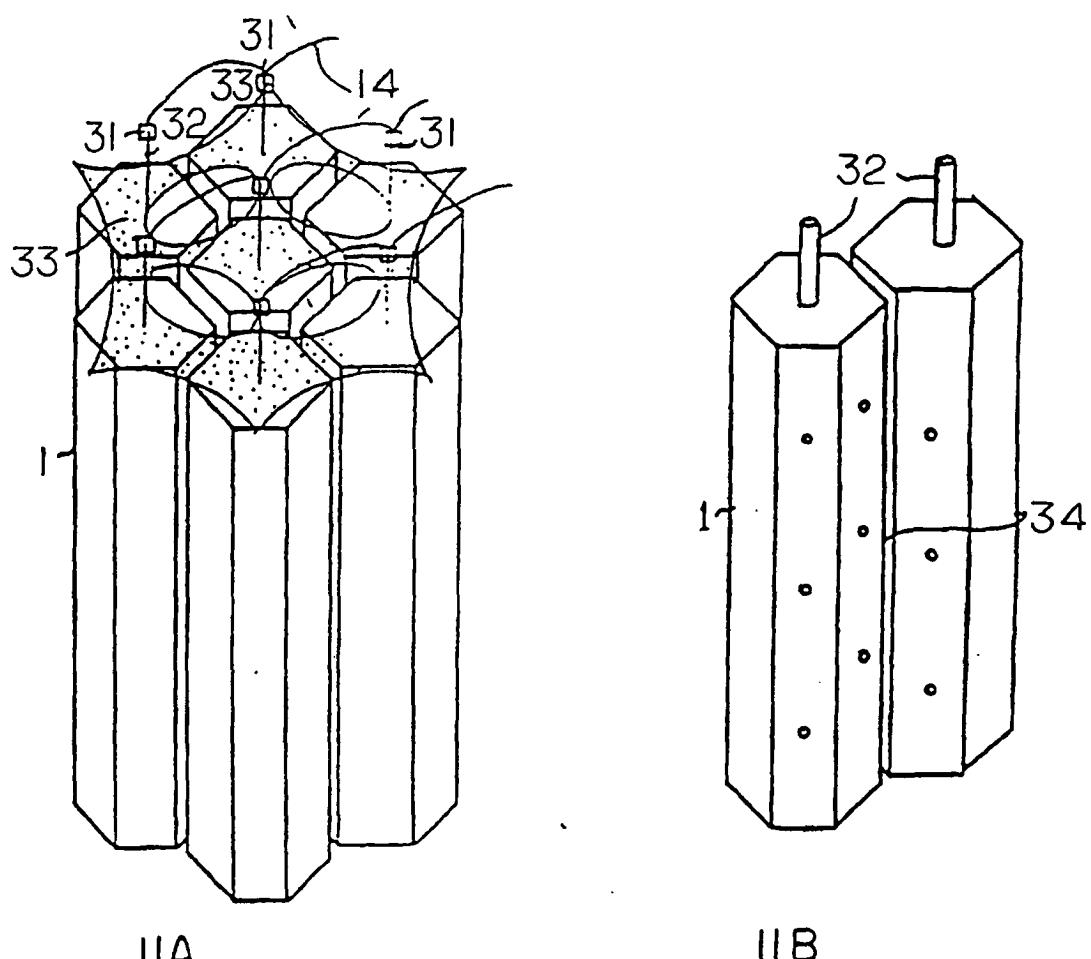


FIG. II

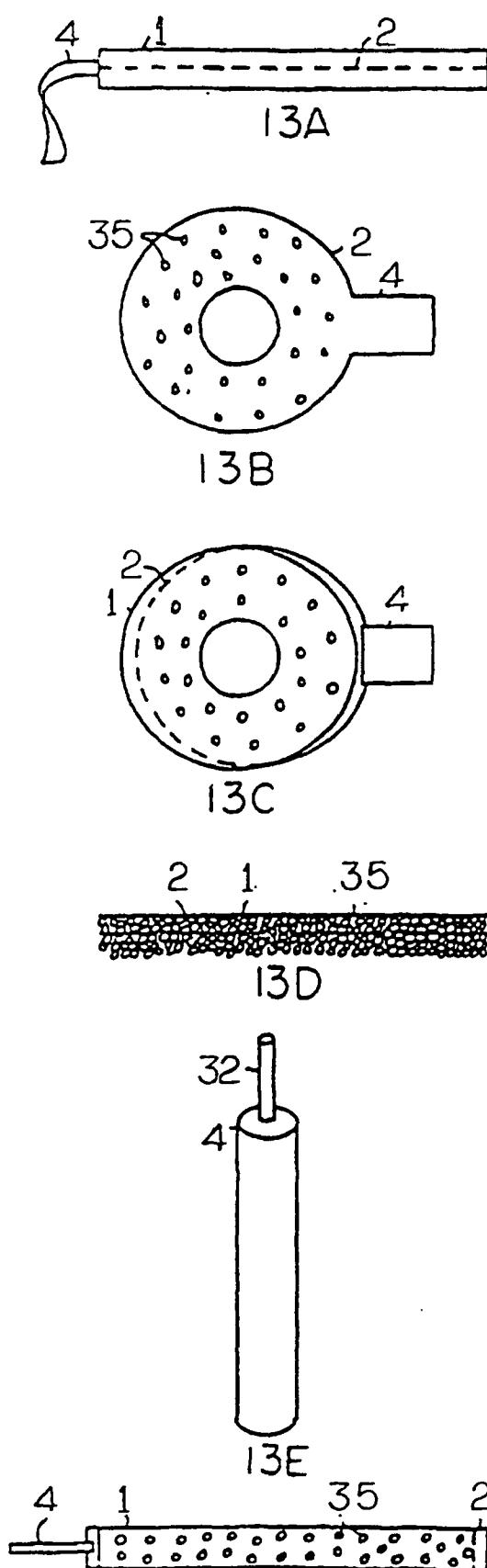
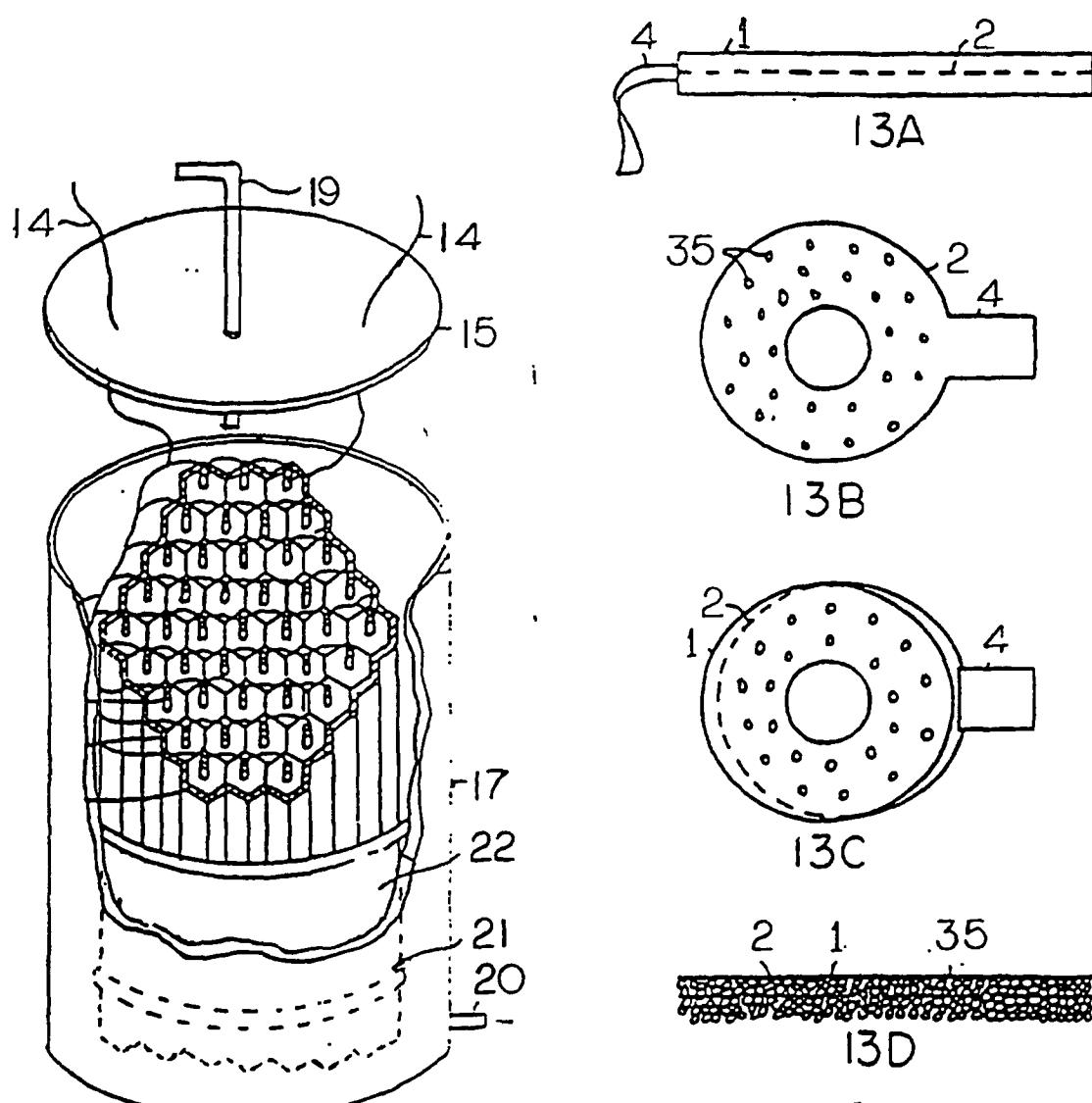
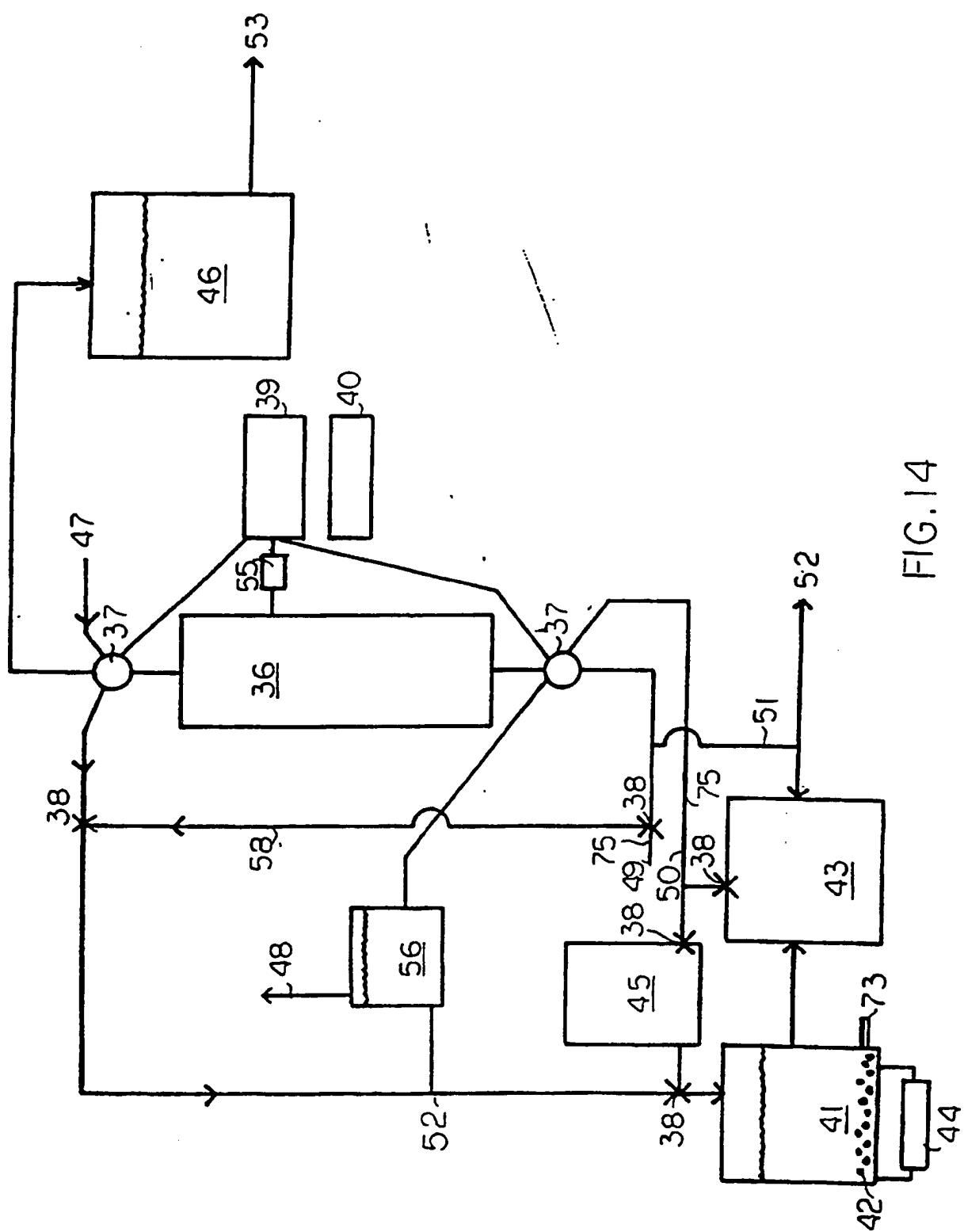


FIG. 13



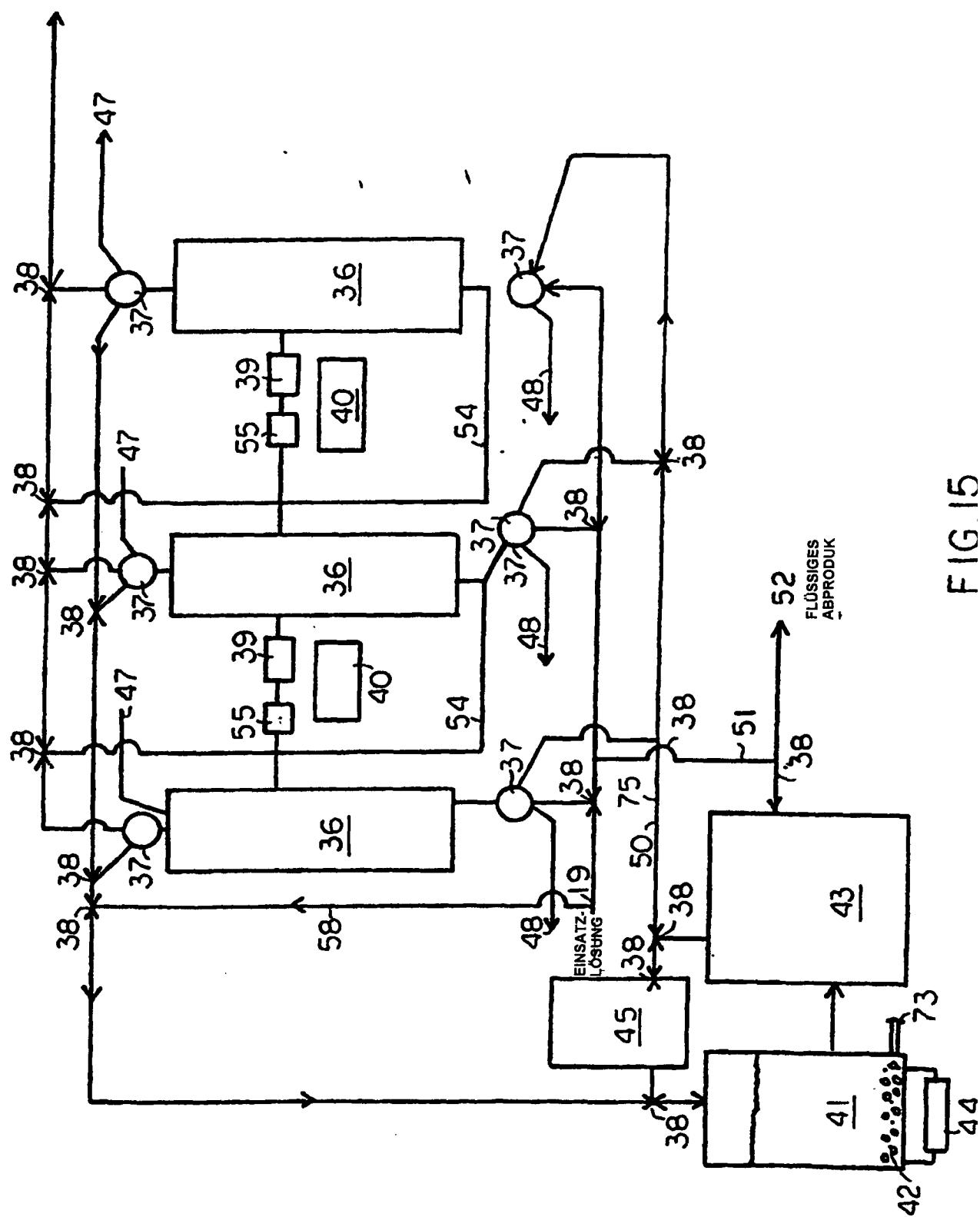
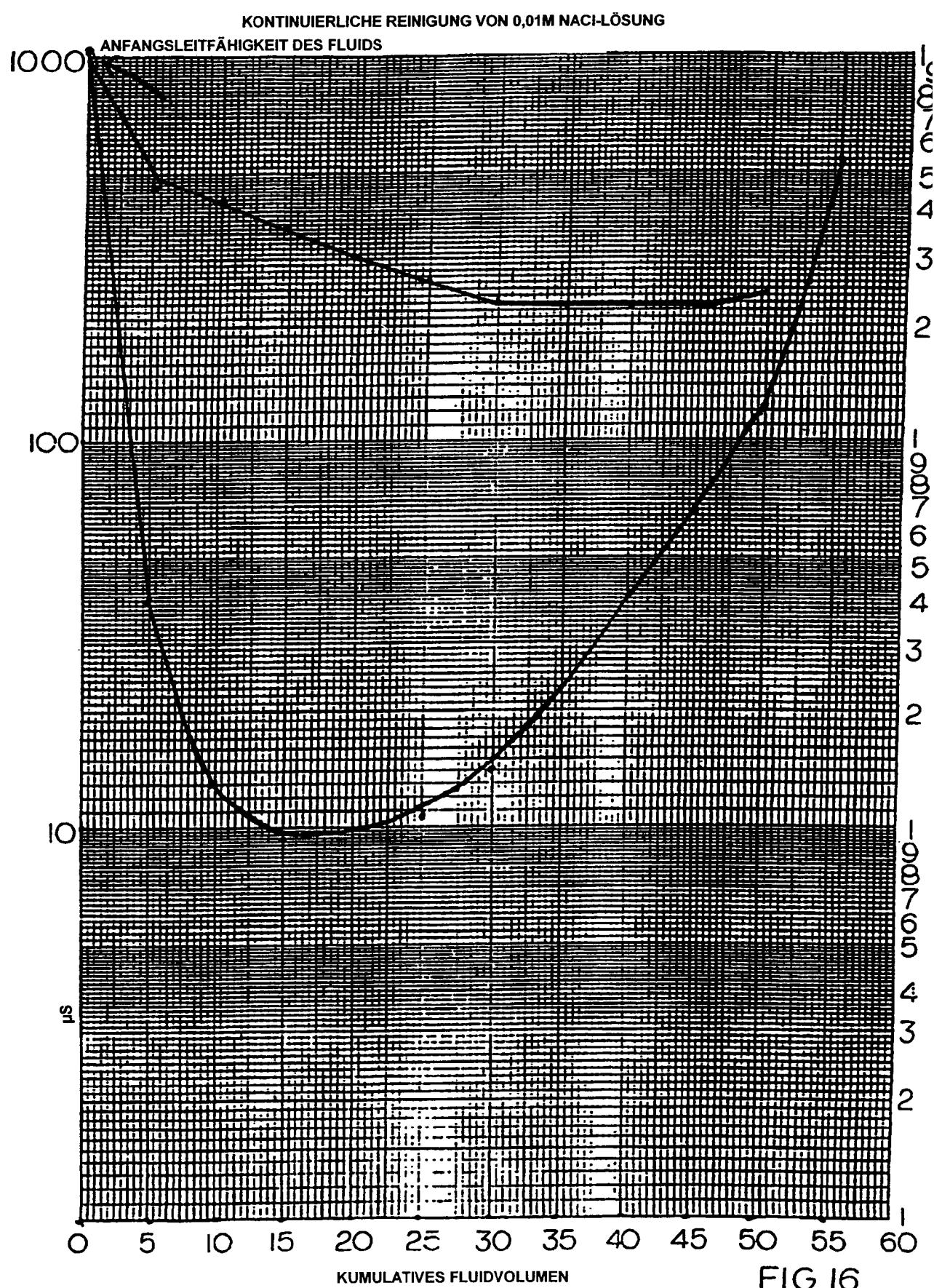


FIG. 15



GLEICHZEITIGE CHARGENREINIGUNG-KONZENTRATION VON  
GESÄTTIGTER CASQ -FLÜSSIGKEIT

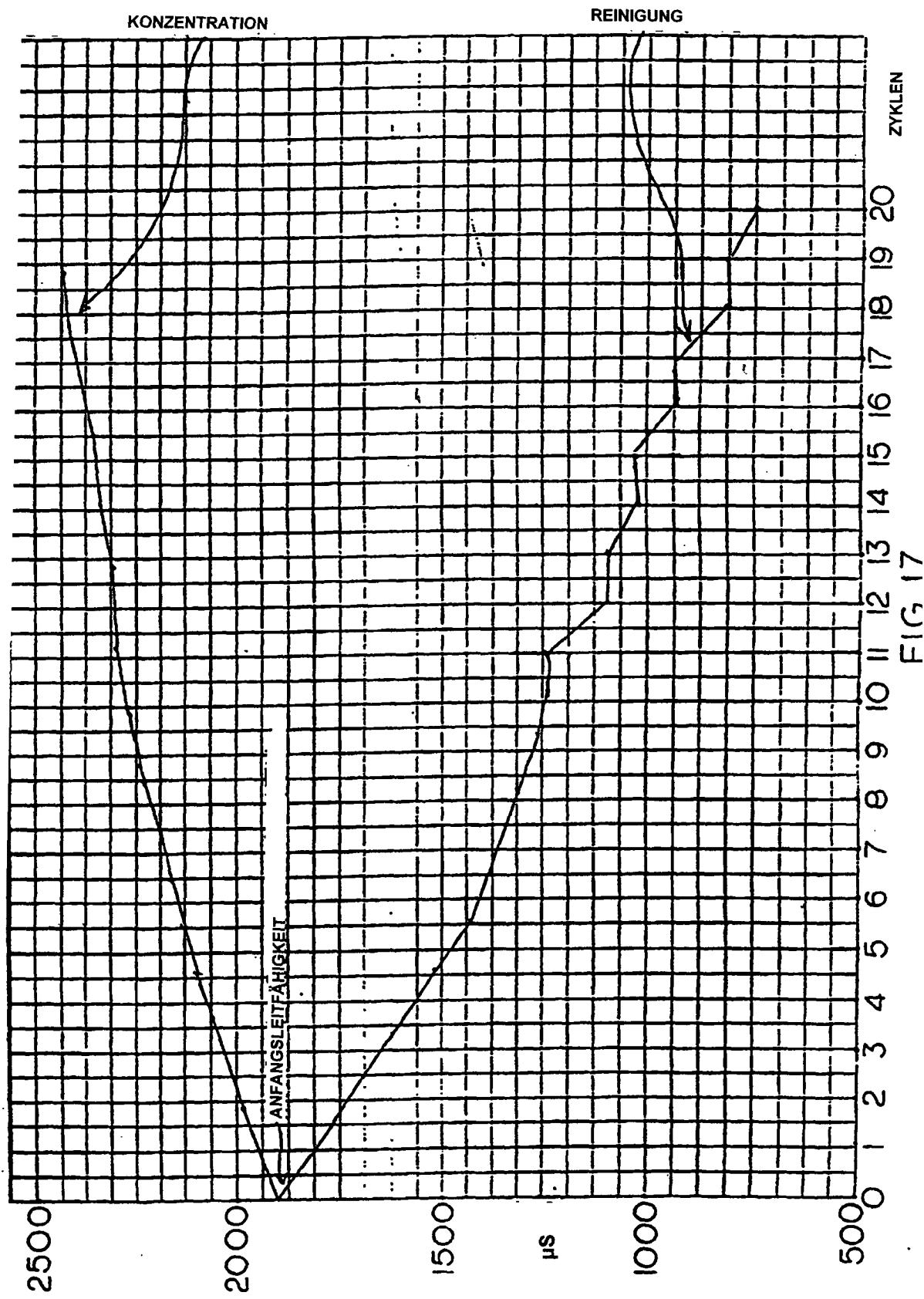


FIG. 17