



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 697 37 090 T2 2007.06.06

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 879 085 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 697 37 090.9

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US97/01210

(96) Europäisches Aktenzeichen: 97 903 114.3

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 1997/026992

(86) PCT-Anmeldetag: 24.01.1997

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 31.07.1997

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 25.11.1998

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 13.12.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 06.06.2007

(51) Int Cl.⁸: B01J 49/00 (2006.01)

B01J 39/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

592803 26.01.1996 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

Hydromatix, Inc., Santa Fe Springs, Calif., US

(72) Erfinder:

JANGBARWALA, Juzer, Chino Hills, CA 91709,
US; MICHAUD, F., Charles, Fullerton, CA 92635, US

(74) Vertreter:

Fiener, J., Pat.-Anw., 87719 Mindelheim

(54) Bezeichnung: METHODE UND VORRICHTUNG ZUR MINIMIERUNG DES ANFALLENDEN ABWASSERS

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**HINTERGRUND****Gebiet der Erfindung**

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung für ein Regenerierungssystem für Ionen-Austauscherbetten, die bei der Deionisierung oder Demineralisierung von Spülmitteln wie Leiterplattenspülungen, wässrige Reinigungsspülungen, Plattierungs-/Anodisierungsspülungen und Leitungswasser-Deionisierungssystemen verwendet werden, und insbesondere auf solche, die eine hochgradige Minimierung des anfallenden Abwassers aus Regenerierungssystemen ermöglichen.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Lange Zeit wurde die Ionenaustauschtechnologie zur wirksamen Entfernung unerwünschter Ionen aus Lösungen eingesetzt. Anwendungsmöglichkeiten sind der Härteaus tausch für Natrium (Enthärtung) von Wasserstoffcarbonaten für Chloride (Dealkalisierung), von Kationen und Anionen für Wasserstoff und Hydroxy-Ionen (Demineralisierung).

[0003] Die Ionenaustauschtechnologie erleichtert in der Tat eine moderate Volumenreduktion durch Konzentrieren der aus Wasser zu entfernenden Fremdbestandteile. Die Regenerierung mittels Sole, Säure und/oder Ätzalkali mit Konzentrationen von 5 – 10% kann verbrauchte Regenerierungsmittel produzieren, die Prozentgehalte der Verunreinigung enthalten. Dies ist von besonderem Interesse, wenn der Ionenaustausch zum Entfernen von Schwermetall-Schadstoffen aus Galvanisierungsspülströmen verwendet wird. Nach der Regenerierung sind die Schadstoffionen wie Kupfer und Nickel in Prozentkonzentrationen anstatt ppm-Konzentrationen und mit einer entsprechenden Volumenverringerung enthalten.

[0004] Die chemische Regenerierung erhöht jedoch den Gesamtteststoffgehalt der letztendlich zu entsorgenden Abfallchemikalien. Tatsächlich kann der Gesamtfeststoffgehalt um einen Faktor von drei oder mehr erhöht sein, wenn keine Kontrollen eingesetzt werden, um das chemische Abfallvolumen zu reduzieren, das die unerwünschten Ionen enthält. Zudem kann das Flüssigkeitsvolumen des Regenerierungsmittelabfalls im Anschluss an normale Rückwasch-, chemische Entziehungs- und Spülschritte 15 Bettvolumen (BV) übersteigen.

[0005] Es gibt einige neue Entwicklungen, die eingesetzt werden können, um das Flüssigkeitsvolumen von Regenerierungsmitteln zu verringern. Diese sind von Bedeutung, wenn der Abfallstoff ein nicht entsorgbarer oder gefährlicher Arbeitsstoff ist, wie z. B. Schwermetallsalze. Die Annäherung an einen "Null"-Flüssigkeitsanfall bedingt die nachfolgende Trennung der Feststoffe und Flüssigkeiten. Je geringer das Volumen, desto niedriger die Aufbereitungskosten.

[0006] Bei der herkömmlichen Regenerierung von Ionenaustauschern wird das Bett zuerst rückgewaschen, um Schmutz und Ablagerungen zu lösen und die Harze zum besseren Durchfluss ohne Kanalisierung neu zu verteilen. Rückspülströme für Kationen-Austauscher sind typischerweise $14,67 \text{ m}^3/\text{h}$ pro m^2 (6 gpm pro Quadratfuß) Bettfläche. Für eine typische Betttiefe von drei Fuß (91,44 cm), die von den Herstellern empfohlen wird, beläuft sich dies auf $16,04 \text{ m}^3/\text{h/m}^3$ (2 gpm/ft³). Ein 20-minütiger Spülvorgang würde deshalb $5,35 \text{ m}^3$ Abwasser pro m^3 (40 Gallonen Abwasser pro Kubikfuß) Harz produzieren. Bei Anionen-Austauschern ist der Durchfluss wegen der niedrigeren Dichte geringer. Nichtsdestoweniger werden ungefähr 2 m^3 Abfallstoff pro m^3 Harz verbraucht (15 Gallonen Abfallstoff werden pro Kubikfuß Harz verbraucht).

[0007] Chemisches Entziehen, der nächste Schritt bei der Regenerierung, wird typischerweise bei Konzentrationen von 4 – 6% oder ungefähr 59,91 g/L (0,50 Pfund (aktiv) pro Gallone ausgeführt. Mit Regenerierungsmittelgehalten von 96,11 – 128,15 g/L (6 – 8 lbs/ft³) werden durchschnittlich 56,78 L (15 Gallonen) Abfallstoff erzeugt.

[0008] Der nächste Schritt besteht aus Verdrängungsspülungen, um die Regenerierungsmittel durch die Betten zu treiben. Diese Spülvolumen sind typischerweise 2 – 3 Bettvolumen (BV) oder 2 – $2,67 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (15 – 20 Gallonen/Kubikfuß). Im Anschluss an die Verdrängungsspülung wird ein Schnellspüler mit Vollstrom eingesetzt, um den Regenerierungsmittel-Rückstand aus dem System auszuspülen und das Bett für den nächsten Zyklus vorzubereiten. Dies wird als Qualitätsspülen bezeichnet und kann durchschnittlich 30 Minuten für jedes Harz bei $16,04 \text{ m}^3/\text{h/m}^3$ (2 gpm/ft³) dauern. Ein typischer Zyklus generiert deshalb den Regenerierungsabfall, bestehend aus Folgendem:

	KATION	ANION
Rückwaschen	151,42 L (40 Gallonen)	56,78 L (15 Gallonen)
Chemisches Entziehen	56,78 L (15 Gallonen)	56,78 L (15 Gallonen)
Verdrängung	75,71 L (20 Gallonen)	75,71 L (20 Gallonen)
Qualitätsspülen	227,13 L (60 Gallonen)	227,13 L (60 Gallonen)
TOTAL	511,03 L (135 Gallonen)	416,40 L (110 Gallonen)

1 Bettvolumen = 28,39 L (1 Bettvolumen = 7,5 Gallonen = 1 Kubikfuß)

[0009] Demzufolge beläuft sich die Regenerierungsabfallsumme für ein herkömmliches System typischerweise auf 18 BV für ein Kation und 14,7 BV für ein Anion.

[0010] Bei früheren Versuchen, das Abfallvolumen zu verringern, ist die Wiederverwendung- von Regenerierungsmitteln eingesetzt worden. Das US-Patent 5,352,345 von Byszewski et al. offenbart ein Verfahren, in dem erschöpfte Regenerierungslösungen aus einer Kationen- oder Anionen-Austauschersäule durch Verwendung eines elektrodialytischen Wasserteilers, einer Säure- oder Basen-Reinigungseinheit oder beliebigen Kombination davon in frische Regenerierungslösungen umgewandelt wurden, wodurch die Rückgewinnung von Resourcen (sowohl an frischen Regenerierungsmitteln als auch an Ergänzungswasser) maximiert und die zu entsorgende Abfallmenge minimiert wurde.

[0011] In dem obigen Verfahren ist das System jedoch einfach zum Regenerieren von verbrauchtem Regenerierungsmittel ausgelegt, nicht zur Minimierung des durch die Ionenaustauschersäulen erzeugten Abfallstoffs selbst. Für den obigen Zweck wird die Spezialvorrichtung, d. h. der elektrodialytische Wasserteiler, die Säure- oder Basen-Reinigungseinheit oder eine beliebige Kombination davon verwendet, und das Rohrleitungssystem ist kompliziert. Für Elektrodialyse verwendete Membranen sind sehr empfindlich gegen Verschmutzung und wenn das System nicht kontinuierlich läuft, dann verschmutzen sie. Selbst wenn die aus dem Regenerierungsmittel generierte Abfallmenge aufgrund Verjüngung des verbrauchten Regenerierungsmittels minimiert ist, kann ferner der Gesamtabfall in dem System nicht spürbar verringert werden, weil der aus anderen Zyklen, wie z. B. ein Rückwaschzyklus, Verdrängungszyklus und Qualitätsspülzyklus, generierte Abfallstoff nicht verringert wird (tatsächlich entspricht der aus dem Regenerierungsmittel generierte Abfallstoff ungefähr 10% des Gesamtabfalls).

[0012] Das US-Patent 4,652,352 von Carl J. Saieva offenbart ein Verfahren zur Rückgewinnung von Metallen aus verdünnter Lösung unter Verwendung von Ionenaustausch in Kombination mit Ammoniumsalz-Regenerierungslösungen. In diesem Verfahren wird die Spülung im Anschluss an das Einfangen der Metalle in dem Ionenaustauschersystem wiederverwendet, wodurch eine erste Schleife des Prozesses geschlossen wird, und die Regenerierungslösung, die in der Gegenstromrichtung fließt, wird im Anschluss an die elektrolytische Erholung der Metalle in der Beschichtungszelle wiederverwendet, und die Rekuperationsmetalle werden in dem Galvanisierungsbad wiederverwendet, wodurch die zweite und dritte Schleife des Prozesses geschlossen werden. Als Ergebnis wird im Wesentlichen kein flüssiger oder fester Abfallstoff generiert, der eine Entsorgung erfordert.

[0013] Im obigen Verfahren ist das System jedoch einfach zur Entfernung von Metallen ausgelegt, nicht zur Minimierung des durch die Ionenaustauschersäulen selbst erzeugten Abfallstoffs. Für den obigen Zweck wird die Spezialvorrichtung, d. h. das elektrolytische Erholungssystem, verwendet. Ferner besitzt das System schwerwiegende Nachteile, d. h. die einfache Entfernung der Metalle kann das Wasser nicht wiederverwendbar machen, weil die Lösung Metallsalze wie Kupferchlorid, Kupfersulfat, Nickelchlorid und Nickelsulfat enthält, und die andere Hälfte der Metallsalze sich nach Entfernung der Metalle weiter ansammelt, was den Gehalt gelöster Feststoffe in den Spülkesseln anhebt und ernsthafte Qualitätsprobleme verursacht. Zudem ist bei der Regenerierungsprozedur kein Spülzyklus erwähnt, was bedeutet, dass das Regenerierungsmittel noch im Harzbett ist. Zur Wiederverwendung des Harzes muss das Regenerierungsmittel aus dem Harzbett ausgespült werden. Es wird nicht erwähnt, wie dieses Spülen minimiert werden würde. Selbst wenn die aus dem Regenerierungsmittel generierte Abfallmenge aufgrund der Verjüngung der verbrauchten Regenerierungsmittel mini-

miert wird, kann der Gesamtabfall in dem Verfahren, wie die vorgenannte Methode des US-Patentes 5,352,345, nicht spürbar verringert werden, weil der aus anderen Zyklen wie Rückwaschzyklus, Verdrängungszyklus und Qualitätsspülzyklus generierte Abfall nicht verringert wird. Ferner ist die Verwendung von Ammoniumsalz-Regenerierungsmittel aufgrund seiner Dämpfe für Arbeiter nicht ratsam.

[0014] Außerdem beschreibt Rohm & Haas Amber Hi-Lites No. 120 die Wiederverwendung von Regenerierungsmitteln. Wie beschrieben, wird das erste Drittel des Regenerierungsmittels durch das vorhandene Wasser in der Harzsäule und das Wasser in den Mobilvolumen zwischen den Harzkörnern zu sehr verdünnt. Dieses wird in den Abfall befördert. Das zweite Drittel, welches das am meisten verbrauchte ist, würde ebenfalls in den Abfall befördert. Das letzte Drittel wird zur Wiederverwendung als erstes Drittel der nachfolgenden chemischen Entziehungszyklen vorgeschlagen. Somit ist die Wiederverwendung von Regenerierungsmittel auf das Recycling von nur einem Drittel des gesamten chemischen Entziehungszyklus beschränkt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0015] Die vorliegende Erfindung hat eine Technologie ausgenutzt, um das in jedem Deionisierungs- oder Demineralisierungssystem, einschließlich Spülsystemen für Leiterplatten, Reinigung mit Wasser, Plattieren/Anodisieren und Leitungswasser-Deionisierungssystemen, generierte Gesamtabfallvolumen ungeachtet des Kontaminationsgrads spürbar zu verringern, ohne die Notwendigkeit von Geräten wie eine Elektrodialysevorrichtung zur Verjüngung des verbrauchten Regenerierungsmittels. Eine Zielsetzung der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens zur Verringerung des Flüssigkeitsvolumenabfalls von Ionenaustausch-Regenerierungsmitteln auf ungefähr 1 BV pro Harz, ausgehend von den herkömmlichen Systemen eine Reduktion von über 90%.

[0016] Ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung ist nämlich ein Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser, das in einem Ionenaustausch-Regenerierungssystem generiert wird, welches ein mit Kationen-Austauscherharz gefülltes Kationen-Austauscherbett und ein mit Anionen-Austauscherharz gefülltes Anionen-Austauscherbett umfasst, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

- (a) Ansetzen mehrerer Teile von Kationen-Regenerierungsmittellösung in Folge, wobei die Teile von 1 bis n nummeriert sind und n eine ganze Zahl >1 ist;
- (b) Rückwaschen und Regenerieren des Kationen-Austauscherbetts mit dem ersten Quantum Kationen-Regenerierungsmittellösung durch Einbringen des Quantums in das Kationen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung mit einer Geschwindigkeit, die ausreicht, das in dem Bett aufgenommene Harz umzuordnen und das Harz zu regenerieren;
- (c) Weiterregenerieren des Kationen-Austauscherbetts durch Einbringen jedes Quantums Kationen-Regenerierungsmittellösung in Folge in Aufwärts-Strömungsrichtung, wodurch das Eluat des ersten Quantums der Kationen-Regenerierungsmittellösung aus dem Kationen-Austauscherbett herausgepresst und vom Regenerationszyklus separiert wird;
- (d) Aufheben des Eluats jedes Quantums außer des ersten Quantums der Kationen-Regenerierungsmittellösung zur Verwendung als Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung im nachfolgenden Zyklus derart, dass das Quantum Nr. m aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. m-1 (m minus eins) verwendet zu werden, wobei $2 \leq m \leq n$;
- (e) Ansetzen einer Verdrängungsspülung;
- (f) Verdrängen der in dem Kationen-Austauscherbett vorhandenen Kationen-Regenerierungsmittellösung mit der Verdrängungsspülung durch Einbringen der Verdrängungsspülung in das Kationen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung und Aufheben eines Teils des Eluats der Verdrängungsspülung zur Verwendung als Teil der Verdrängungsspülung im nachfolgenden Zyklus;
- (g) Ansetzen mehrerer Teile von Anionen-Regenerierungsmittellösung in Folge, wobei die Teile von 1 bis n' nummeriert sind und n' eine ganze Zahl >1 ist;
- (h) Rückwaschen und Regenerieren des Anionen-Austauscherbetts mit dem ersten Quantum der Anionen-Regenerierungsmittellösung durch Einbringen des Quantums in das Anionen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung mit einer Geschwindigkeit, die ausreicht, das in dem Bett aufgenommene Harz umzuordnen und das Harz zu regenerieren;
- (i) Weiterregenerieren des Anionen-Austauscherbetts durch Einbringen jedes Quantums der Anionen-Regenerierungsmittellösung in Folge in Aufwärts-Strömungsrichtung, wodurch das Eluat des ersten Quantums der Anionen-Regenerierungsmittellösung aus dem Anionen-Austauscherbett herausgepresst und vom Regenerationszyklus separiert wird;
- (j) Aufheben des Eluats jedes Quantums der Anionen-Regenerierungsmittellösung zur Verwendung als Quantum der Anionen-Regenerierungsmittellösung im nachfolgenden Zyklus derart, dass das Quantum Nr. m' aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. m'-1 (m' minus eins) verwendet zu wer-

den, wobei $2 \leq m' \leq n'$;

(k) Ansetzen einer Verdrängungsspülung;

(l) Verdrängen der in dem Anionen-Austauscherbett vorhandenen Anionen-Regenerierungsmittellösung mit der Verdrängungsspülung durch Einbringen der Verdrängungsspülung in das Anionen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung, und Aufheben eines Teils des Eluats der Verdrängungsspülung zur Verwendung als Teil der Verdrängungsspülung im nachfolgenden Zyklus,

wobei die Schritte (a) bis einschließlich (f) vor, gleichzeitig mit oder nach den Schritten (g) bis einschließlich (l) durchgeführt werden;

(m) Zirkulieren eines Nachspülers durch das Kationen-Austauscherbett und das Anionen-Austauscherbett der Reihe nach in Abwärts-Strömungsrichtung; und

(n) Rezirkulieren des Nachspülers, bis die Spülqualität des Ausflusses aus dem Kationen- oder dem Anionen-Austauscherbett einen vorbestimmten Grenzwert erreicht.

[0017] In einer bevorzugten Ausführungsform des obigen Verfahrens für das Kationen-Austauscherbett umfasst Schritt (k) das Ansetzen mehrerer Teile Verdrängungsspülung, wobei die Teile von 1 bis q' nummeriert sind und q' eine ganze Zahl >1 ist, wobei das Quantum Nr. q durch Frischespülen bereitgestellt wird; und wobei Schritt (l) umfasst:

(i) Verdrängen der in dem Anionen-Austauscherbett vorhandenen Anionen-Regenerierungsmittellösung mit der Verdrängungsspülung dadurch, dass jedes Quantum in Folge in Aufwärts-Strömungsrichtung in das Anionen-Austauscherbett eingebracht wird,

(ii) Aufheben des Eluats des ersten Quantum der Verdrängungsspülung zur Verwendung als letztes Quantum der Anionen-Regenerierungsmittellösung im nachfolgenden Zyklus, wobei die Konzentration des letzten Quantum der Anionen-Regenerierungsmittellösung eingestellt wird, und

(iii) Aufheben des Eluats jedes der verbliebenen Teile der Verdrängungsspülung zur Verwendung als Verdrängungsspülungsquantum im nachfolgenden Zyklus derart, dass das Quantum Nr. p' aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. $p'-1$ (p' minus 1) verwendet zu werden, wobei $2 \leq p' \leq q'$.

[0018] Für das Kationen-Austauscherbett werden die Schritte (e) und (f) vorzugsweise auf dieselbe Art und Weise durchgeführt wie die Schritte (k) bzw. (l). Das obige Verfahren basiert auf Aufwärtsströmungsregenerierung, d. h. Gegenstromregenerierung, falls der Durchsatz ein Fallstrom ist. Gemäß dem obigen Verfahren können über 90% des konventionell anfallenden Abwassers aus Regenerierungssystemen abgebaut werden.

[0019] Ein anderer wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung basiert auf Abwärtsströmungsregenerierung, d. h. Gegenstromregenerierung, falls der Durchsatz ein Steigstrom ist. Dies ist ein Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser, das in einem Ionenaustausch-Regenerierungssystem generiert wird, welches ein Kationen-Austauscherbett umfasst, das Kationen-Austauscherharz beherbergt und ein Anionen-Austauscherbett umfasst, das Anionen-Austauscherharz beherbergt, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

(a) Rückwaschen des Kationen- und des Anionen-Austauscherbetts durch Zirkulieren von Rückwaschspüler durch das Kationen- und das Anionen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung und Rezirkulieren des Rückwaschspülers;

(b) Ansetzen mehrerer Teile von Kationen-Regenerierungsmittellösung in Folge, wobei die Teile von 1 bis n nummeriert sind und n eine ganze Zahl >1 ist;

(c) Regenerieren des Kationen-Austauscherbetts mit dem ersten Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung durch Einbringen des Quantum in das Kationen-Austauscherbett ausgehend von einem oberen Teil des darin aufgenommenen Harzes in Abwärts-Strömungsrichtung, wodurch der in dem Kationen-Austauscherbett verbleibende Rückwaschspüler daraus herausgepresst und vom Regenerationszyklus separiert wird (z. B. zu einem Auffangsammlbehälter oder Speisekessel zurückgeschickt wird);

(d) Weiterregenerieren des Kationen-Austauscherbetts durch Einbringen jedes Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung in Folge in Abwärts-Strömungsrichtung, wodurch das Eluat des ersten Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung aus dem Bett herausgepresst und vom Regenerationszyklus separiert wird;

(e) Aufheben jedes Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung zur Verwendung als Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung im nachfolgenden Zyklus derart, dass das Quantum Nr. m aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. $m-1$ (m minus eins) verwendet zu werden, wobei $2 \leq m \leq n$;

(f) Ansetzen einer Verdrängungsspülung;

(g) Verdrängen der in dem Kationen-Austauscherbett vorhandenen Kationen-Regenerierungsmittellösung mit der Verdrängungsspülung durch Einbringen der Verdrängungsspülung in das Kationen-Austauscherbett in Abwärts-Strömungsrichtung und Aufheben eines Teils des Eluats der Verdrängungsspülung zur Verwendung als Teil der Verdrängungsspülung im nachfolgenden Zyklus;

- (h) Ansetzen mehrerer Teile von Anionen-Regenerierungsmittellösung in Folge, wobei die Teile von 1 bis n' nummeriert sind und n' eine ganze Zahl >1 ist;
- (i) Regenerieren des Anionen-Austauscherbetts mit dem ersten Quantum der Anionen-Regenerierungsmittellösung durch Einbringen des Quants in das Anionen-Austauscherbett ausgehend von einem oberen Teil des darin aufgenommenen Harzes in Abwärts-Strömungsrichtung, wodurch der in dem Anionen-Austauscherbett verbliebene Rückwaschspüler daraus herausgepresst und vom Regenerationszyklus separiert wird;
- (j) Weiterregenerieren des Anionen-Austauscherbetts durch Einbringen jedes Quants der Anionen-Regenerierungsmittellösung in Folge in Abwärts-Strömungsrichtung, wodurch das Eluat des ersten Quants der Anionen-Regenerierungsmittellösung aus dem Bett herausgepresst und vom Regenerationszyklus separiert wird (z. B. zu einem Auffangsaufnahmehälter oder Speisekessel zurückgeschickt wird);
- (k) Aufheben jedes Quants der Anionen-Regenerierungsmittellösung zur Verwendung als Quantum der Anionen-Regenerierungsmittellösung im nachfolgenden Zyklus derart, dass das Quantum Nr. m' aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. m'-1 (m' minus eins) verwendet zu werden, wobei $2 \leq m' \leq n'$;
- (l) Ansetzen einer Verdrängungsspülung;
- (m) Verdrängen der in dem Anionen-Austauscherbett vorhandenen Anionen-Regenerierungsmittellösung mit der Verdrängungsspülung durch Einbringen der Verdrängungsspülung in das Anionen-Austauscherbett in Abwärts-Strömungsrichtung und Aufheben eines Teils des Eluats der Verdrängungsspülung zur Verwendung als Teil der Verdrängungsspülung im nachfolgenden Zyklus, wobei die Schritte (b) bis einschließlich (g) vor, gleichzeitig mit oder nach den Schritten (h) bis einschließlich (m) durchgeführt werden;
- (n) Zirkulieren eines Nachspülers durch das Kationen-Austauscherbett und das Anionen-Austauscherbett der Reihe nach in Abwärts-Strömungsrichtung; und
- (o) Rezirkulieren des Nachspülers, bis die Spülqualität des Ausflusses aus dem Kationen- oder dem Anionen-Austauscherbett einen vorbestimmten Grenzwert erreicht.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform des obigen Verfahrens für das Kationen-Austauscherbett umfasst Schritt (f) das Ansetzen mehrerer Teile Verdrängungsspülung, wobei die Teile von 1 bis q nummeriert sind und q eine ganze Zahl >1 ist, wobei das Quantum Nr. q durch Frischespülen bereitgestellt wird; und wobei Schritt (g) umfasst:

- (I) Verdrängen der in dem Kationen-Austauscherbett vorhandenen Kationen-Regenerierungsmittellösung mit der Verdrängungsspülung dadurch, dass jedes Quantum ausgehend von einem oberen Teil des darin aufgenommenen Harzes in Folge in Abwärts-Strömungsrichtung in das Kationen-Austauscherbett eingebracht wird;
- (II) Aufheben des Eluats des ersten Quants der Verdrängungsspülung zur Verwendung als letztes Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung im nachfolgenden Zyklus, wobei die Konzentration des letzten Quants der Kationen-Regenerierungsmittellösung eingestellt wird; und
- (III) Aufheben des Eluats jedes der verbliebenen Teile der Verdrängungsspülung zur Verwendung als Verdrängungsspülungsquantum im nachfolgenden Zyklus derart, dass das Quantum Nr. p aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. p-1 (p minus eins) verwendet zu werden, wobei $2 \leq p \leq q$.

[0021] Für das Anionen-Austauscherbett werden die Schritte (l) und (m) vorzugsweise auf dieselbe Art und Weise durchgeführt wie die Schritte (f) bzw. (g). Gemäß dem obigen Verfahren (Abwärtsströmungsregenerierung) können nahezu 90% des konventionell anfallenden Abwassers aus Regenerierungssystemen abgebaut werden.

[0022] Wenn das Ionenaustausch-Regenerierungssystem in den oben erwähnten Verfahren, d. h. Aufwärtsströmungsregenerierung und Abwärtsströmungsregenerierung, ferner eine Filtervorrichtung umfasst, um Fremdbestandteile vor dem Regenerationszyklus aus dem Durchsatz herauszufiltern, wird die Notwendigkeit des Rückwaschens aufgehoben und dadurch das Abfallvolumen weiter reduziert.

[0023] Zudem können die Verfahren ohne Weiteres an ein System angepasst werden, das ferner eines oder mehr der folgenden Betten umfasst: ein dem Kationen-Austauscherbett vorangehendes metallselektives Harzbett; ein dem Anionen-Austauscherbett folgendes Polierbett des Mischbetttyps; ein dem Anionen-Austauscherbett vorangehendes Anionen-Austauscherbett mit schwacher Base; und ein dem Anionen-Austauscherbett folgendes Kationen-Austauscherbett mit schwacher Säure, wobei der Regenerierungs- und der Verdrängungsschritt an dem einen oder mehr Betten durchgeführt werden und im Nachspülsschritt der Nachspüler der Reihe nach weiter durch die eine oder mehr Säulen zirkuliert wird.

[0024] Eine andere Zielsetzung der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung einer Vorrichtung zur wirksamen Durchführung der obigen Verfahren. Ein anderer wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung ist nämlich eine Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem umfassend:

- (a) ein mit Kationen-Austauscherharz gefülltes Kationen-Austauscherbett;
- (b) ein mit Anionen-Austauscherharz gefülltes Anionen-Austauscherbett, wobei das Anionen-Austauscherbett in Reihe mit dem Kationen-Austauscherbett platziert ist;
- (c) einen Auffangsammlerbehälter zum Speichern von in der Vorrichtung in Umlauf zu bringendem Wasser oder Spülmittel, wobei der Auffangsammlerbehälter mit dem Kationen-Austauscherbett und dem Anionen-Austauscherbett in Verbindung steht und wahlweise mit einer den Auffangsammlerbehälter umgehenden Umgehungsleitung versehen ist, so dass das Wasser oder Spülmittel in einer Schleife über den Auffangsammlerbehälter oder die Umgehungsleitung zirkuliert werden kann;
- (d) mehrere Kessel zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung, wobei die Kessel in einer Reihe platziert und von 1 bis n nummeriert sind, wobei n eine ganze Zahl >1 ist, und zumindest der Kessel Nr. n mit einem chemischen Injektor versehen ist, wobei jeder Kessel mittels einer gemeinsamen Leitung mit dem Kationen-Austauscherbett in Verbindung steht, so dass die Kationen-Regenerierungsmittellösung in einer Schleife zirkuliert werden kann;
- (e) mehrere Kessel zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung, wobei die Kessel in einer Reihe platziert und von 1 bis n nummeriert sind, wobei n eine ganze Zahl >1 ist, und zumindest einer davon mit einem chemischen Injektor versehen ist, wobei jeder Kessel mittels einer gemeinsamen Leitung mit dem Anionen-Austauscherbett in Verbindung steht, so dass die Anionen-Regenerierungsmittellösung in einer Schleife zirkuliert werden kann;
- (f) zumindest einen Kessel zum Speichern von Kationen-Verdrängungsspülung und eine Frischespülungsquelle, wobei der zumindest eine Kessel parallel zu den Kesseln zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung ist und in die von den Kesseln zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung und dem Kationen-Austauscherbett gebildete Schleife integriert ist, wobei der zumindest eine Kessel und die Frischespülungsquelle an die Unterseite des Kationen-Austauscherbetts angeschlossen und von 1 bis q nummeriert sind, wobei die Frischespülungsquelle mit q nummeriert ist, welches eine ganze Zahl >1 ist;
- (g) zumindest einen Kessel zum Speichern von Anionen-Verdrängungsspülung und eine Frischespülungsquelle, wobei der zumindest eine Kessel parallel zu den Kesseln zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung ist und in die von den Kesseln zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung und dem Anionen-Austauscherbett gebildete Schleife integriert ist, wobei der zumindest eine Kessel und die Frischespülungsquelle an die Unterseite des Anionen-Austauscherbetts angeschlossen und von 1 bis q nummeriert sind, wobei die Frischespülungsquelle mit q nummeriert ist, welches eine ganze Zahl >1 ist;
- (h) eine zu einem Verdampferbecken oder einem Außensystem (z. B. Batch-Aufbereitung) führende Be- schickungskammer, wobei die Beschickungskammer stromabwärts von dem Kationen-Austauscherbett in der von den Kesseln zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung und dem Kationen-Austauscherbett gebildeten Schleife platziert ist;
- (i) eine zu einem Verdampferbecken oder einem Außensystem (z. B. Batch-Aufbereitung) führende Bes- schickungskammer, wobei die Beschickungskammer stromabwärts von dem Anionen-Austauscherbett in der von den Kesseln zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung und dem Anionen-Austauscher- bett gebildeten Schleife platziert ist;
- (j) ein Luftdurchspülungsgebläse, das mit der Oberseite des Kationen- und des Anionen-Austauscherbetts in Verbindung steht;
- (k) ein Durchflussmengen-Regelungssystem zum Rückwaschen und Regenerieren, wobei das System zur Steuerung des Regenerationszyklus zu Folgendem in der Lage ist:
 - (i) Ausspülen der in dem Kationen-Austauscherbett vorhandenen Lösung mit Luft von dem Luftporspülbe- lüfter;
 - (ii) Einleiten in Folge jedes Quantum der in Kessel Nr. 1 bis einschließlich n aufgenommenen Kationen-Regenerierungsmittellösung in das Kationen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung;
 - (iii) Verwerten des Eluats aus dem Quantum von Kessel Nr. 1 in die Beschickungskammer und Verlagern des Eluats aus jedem Quantum von Kessel Nr. 2 bis einschließlich n zurück zu Kessel Nr. 1 bis einschließlich n-1 (n minus eins) um einen Kessel nach vorn verschoben;
 - (iv) Einleiten in Folge jedes Quantum der in Kessel Nr. 1 bis einschließlich Nr. q der Frischespülung auf- genommenen Kationen-Verdrängungsspülung in das Kationen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungs- richtung;
 - (v) Verlagern des Eluats aus dem Quantum der in Kessel Nr. 1 aufgenommenen Verdrängungsspülung zu- rück zu Kessel Nr. n der Kationen-Regenerierungsmittellösung und Verlagern des Eluats aus jedem Quan- tum von Nr. 2 bis einschließlich Nr. q der Frischespülung zurück zu Kessel Nr. 1 bis einschließlich Nr. q-1 (q minus eins) um eine Nummer in dem Zyklus nach vorn verschoben; und
 - (vi) Durchführen von den Schritten (i) bis (v) entsprechenden Schritten an dem Anionen-Austauscherbett;

und

- (I) ein Durchflussmengen-Regelungssystem zum Spülen, wobei das System imstande ist, den Rückwaschzyklus solchermaßen zu steuern:
- (vii) Zirkulieren des in dem Auffangsammlerbehälter aufgenommenen Nachspülers (oder Zirkulieren des Nachspülers durch die Umgehungsleitung hindurch) durch das Kationen-Austauscherbett und das Anionen-Austauscherbett der Reihe nach in Abwärts-Strömungsrichtung.

[0025] Noch ein anderer wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem umfassend:

- (a) ein mit Kationen-Austauscherharz gefülltes Kationen-Austauscherbett;
- (b) ein mit Anionen-Austauscherharz gefülltes Anionen-Austauscherbett, wobei das Anionen-Austauscherbett in Reihe mit dem Kationen-Austauscherbett platziert ist;
- (c) einen Auffangsammlerbehälter zum Speichern von in der Vorrichtung in Umlauf zu bringendem Wasser oder Spülmittel, wobei der Auffangsammlerbehälter mit dem Kationen-Austauscherbett und dem Anionen-Austauscherbett in Verbindung steht und wahlweise mit einer den Auffangsammlerbehälter umgehenden Umgehungsleitung versehen ist, so dass das Wasser oder Spülmittel in einer Schleife über den Auffangsammlerbehälter oder die Umgehungsleitung zirkuliert werden kann;
- (d) mehrere Kessel zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung, wobei die Kessel in einer Reihe platziert und von 1 bis n nummeriert sind, wobei n eine ganze Zahl >1 ist, und zumindest einer davon mit einem chemischen Injektor versehen ist, wobei jeder Kessel mittels einer gemeinsamen Leitung mit dem Kationen-Austauscherbett in Verbindung steht, so dass die Kationen-Regenerierungsmittellösung in einer Schleife zirkuliert werden kann;
- (e) mehrere Kessel zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung, wobei die Kessel in einer Reihe platziert und von 1 bis n nummeriert sind, wobei n eine ganze Zahl >1 ist, und zumindest einer davon mit einem chemischen Injektor versehen ist, wobei jeder Kessel mittels einer gemeinsamen Leitung mit dem Anionen-Austauscherbett in Verbindung steht, so dass die Anionen-Regenerierungsmittellösung in einer Schleife zirkuliert werden kann;
- (f) zumindest einen Kessel zum Speichern von Kationen-Verdrängungsspülung und eine Frischespülungsquelle, wobei der zumindest eine Kessel parallel zu den Kesseln zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung ist und in die von den Kesseln zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung und dem Kationen-Austauscherbett gebildete Schleife integriert ist, wobei der zumindest eine Kessel und die Frischespülungsquelle an die Unterseite des Kationen-Austauscherbetts angeschlossen und von 1 bis q nummeriert sind, wobei die Frischespülungsquelle mit q nummeriert ist, welches eine ganze Zahl >1 ist;
- (g) zumindest einen Kessel zum Speichern von Anionen-Verdrängungsspülung und eine Frischespülungsquelle, wobei der zumindest eine Kessel parallel zu den Kesseln zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung ist und in die von den Kesseln zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung und dem Anionen-Austauscherbett gebildete Schleife integriert ist, wobei der zumindest eine Kessel und die Frischespülungsquelle an die Unterseite des Anionen-Austauscherbetts angeschlossen und von 1 bis q nummeriert sind, wobei die Frischespülungsquelle mit q nummeriert ist, welches eine ganze Zahl >1 ist;
- (h) eine zu einem Verdampferbecken oder einem Außensystem (z. B. Batch-Aufbereitung) führende Be- schickungskammer, wobei die Beschickungskammer stromabwärts von dem Kationen-Austauscherbett in der von den Kesseln zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung und dem Kationen-Austauscherbett gebildeten Schleife platziert ist;
- (i) eine zu einem Verdampferbecken oder einem Außensystem (z. B. Batch-Aufbereitung) führende Be- schickungskammer, wobei die Beschickungskammer stromabwärts von dem Anionen-Austauscherbett in der von den Kesseln zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung und dem Anionen-Austauscherbett gebildeten Schleife platziert ist;
- (j) ein Durchflussmengen-Regelungssystem zum Rückwaschen und Regenerieren, wobei das System zur Steuerung des Regenerationszyklus zu Folgendem in der Lage ist:
 - (i) Zirkulieren von in dem Auffangsammlerbehälter aufgenommenem Rückwaschspüler durch das Kationen- und das Anionen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung;
 - (ii) Einleiten in Folge jedes Quantums der in Kessel Nr. 1 bis einschließlich n aufgenommenen Kationen-Regenerierungsmittellösung in das Kationen-Austauscherbett in Abwärts-Strömungsrichtung;
 - (iii) Verlagern des Eluats aus dem Quantum von Kessel Nr. 1 in die Beschickungskammer, nachdem die in dem Kationen-Austauscherbett verbliebene Rückwaschspülung zu dem Auffangsammlerbehälter zurückge- drängt ist, und Verlagern des Eluats aus jedem Quantum von Tank Nr. 2 bis einschließlich n zurück zu Kessel Nr. 1 bis einschließlich n-1 (n minus eins) um einen Kessel nach vorn verschoben;
 - (iv) Einleiten in Folge jedes Quantums der in Kessel Nr. 1 bis einschließlich Nr. q der Frischespülung auf- genommenen Kationen-Verdrängungsspülung in das Kationen-Austauscherbett in Abwärts-Strömungsrich- tung;

- (v) Verlagern des Eluats aus dem Quantum der in Kessel Nr. 1 aufgenommenen Verdrängungsspülung zurück zu Kessel Nr. n der Kationen-Regenerierungsmittel Lösung und Verlagern des Eluats aus jedem Quantum von Kessel Nr. 2 bis einschließlich Nr. q der Frischespülung zurück zu Kessel Nr. 1 bis einschließlich Nr. q-1 (q minus eins) um einen Kessel nach vorn verschoben;
- (vi) Durchführen von den Schritten (i) bis (v) entsprechenden Schritten an dem Anionen-Austauscherbett; und
- (k) ein Durchflussmengen-Regelungssystem zum Spülen, wobei das System imstande ist, den Spülzyklus solchermaßen zu steuern;
- (vii) Zirkulieren des in dem Auffangsammelbehälter aufgenommenen Nachspülers (oder Zirkulieren von Nachspüler durch die Umgehungsleitung hindurch) durch das Kationen-Austauscherbett und das Anionen-Austauscherbett der Reihe nach in Abwärts-Strömungsrichtung.

[0026] Wenn die obige Vorrichtung ferner eine Filtriervorrichtung umfasst, um Fremdbestandteile stromabwärts von dem Auffangssammelbehälter aus dem Durchsatz herauszufiltern, ist die Rückwaschnotwendigkeit vermindert. Die Vorrichtung ist stromabwärts von dem Anionen-Austauscherbett vorzugsweise mit einem Leitfähigkeitskontrollgerät versehen, so dass die Zeiteinstellung zur Unterbrechung der Regenerierung entsprechend bestimmt werden kann. Die Vorrichtung umfasst vorzugsweise ein Kornkohlenbett zur Entfernung organischer Verbindungen. Zudem kann die Vorrichtung eines oder mehr der folgenden Betten umfassen: ein dem Kationen-Austauscherbett vorangehendes metallselektives Harzbett, ein dem Anionen-Austauscherbett folgendes Polierbett des Mischbetttyps, ein dem Kationen-Austauscherbett vorangehendes Anionen-Austauscherbett mit schwacher Base und ein dem Anionen-Austauscherbett folgendes Kationen-Austauscherbett mit schwacher Säure, und wobei das eine oder mehr Betten in die Vorrichtung integriert sind, so dass Regenerierungsschritte durchgeführt werden können, und der Nachspüler weiter durch das eine oder mehr Betten in Folge zirkuliert wird.

[0027] In dem obigen Verfahren und der Vorrichtung der vorliegenden Erfindung werden im Regenerationszyklus, ungeachtet dessen, ob es sich um eine Gegenstrom- oder Gleichstrom-Regenerierung handelt, alle Segmente des Regenerierungsmittels und der Verdrängungsspülung in einer gemeinsamen Schleife rezirkuliert und im nachfolgenden Zyklus um einen Platz nach vorn verschoben, wodurch das erste Segment im nachfolgenden Zyklus verworfen wird, und das letzte Segment im nachfolgenden Zyklus durch Frischespülen bereitgestellt wird, während Chemikalien nach Bedarf hinzugefügt werden (progressiver Verdrängungszyklus). Auf diese Weise kann der Abfall drastisch minimiert werden. Ferner strömt das Spülmittel im Nachspülzyklus der Reihe nach durch das Kationen-Austauscherbett und das Anionen-Austauscherbett und rezirkuliert in einer Schleife, wobei unter Verwendung von entgegengesetzten Ionen deionisiertes Wasser in jedem Bett erzeugt wird, wodurch die Nachspülung ohne Verwerfen von Spülmittel durchgeführt wird (interner Spülzyklus). Bisher produzierten typische Ionenaustauschersysteme erhebliche Mengen Abfall beim Regenerieren. Durch Verwenden des Regenerierungssystems der vorliegenden Erfindung können 90% des typischerweise generierten Abfalls eliminiert werden. Das in der vorliegenden Erfindung letztendlich entsorgte Abwasser enthält die im Betriebszyklus entfernten Fremdbestandteile und kann entweder durch Ausdampfen weiter konzentriert werden und/oder mit herkömmlicher Hydroxidausfällung behandelt werden. Der Rückstand vom Ausdampfen und das Präzipitat von der Hydroxidausfällung können aufgrund des hohen Metallgehaltes dem Metallrecycling zugeführt werden. Das Eluat aus dem Präzipitationsprozess würde die von der US-Bundesumweltbehörde (EPA und Kommunalbehörden) festgesetzten Einleitungsgrenzwerte erfüllen, d. h. die Einleitungsgrenzwerte betreffend die Konzentration verschiedener Metalle in Abfallströmen.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0028] [Fig. 1](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gegenstrom-Aufwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kationen-Austauscherbett und ein Anionen-Austauscherbett in Reihe angeordnet sind.

[0029] [Fig. 2](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gegenstrom-Abwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kationen-Austauscherbett und ein Anionen-Austauscherbett in Reihe angeordnet sind.

[0030] [Fig. 3](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gegenstrom-Aufwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kornkohlenbett, ein Paar Kationen-Austauscherbetten mit starker Säure, ein Paar Anionen-Austauscherbetten mit starker Base und ein Paar Kationen-Austauscherbetten mit schwacher Säure in Reihe angeordnet sind, wobei jeweils eines der paarweisen Betten in Betrieb ist und das andere im Regenerierungsprozess ist.

[0031] [Fig. 4](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gegenstrom-Aufwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kornkohlenbett, ein Paar Kationen-Austauscherbetten mit starker Säure und ein Paar Anionen-Austauscherbetten mit starker Base in Reihe angeordnet sind, wobei jeweils eines der paarweisen Betten in Betrieb ist und das andere im Regenerierungsprozess ist.

[0032] [Fig. 5](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gegenstrom-Aufwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kornkohlenbett, ein Kationen-Austauscherbett und ein Anionen-Austauscherbett in Reihe angeordnet sind.

[0033] [Fig. 6](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gegenstrom-Aufwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kornkohlenbett, ein Kationen-Austauscherbett mit starker Säure, ein Anionen-Austauscherbett mit starker Base und ein Kationen-Austauscherbett mit schwacher Säure in Reihe angeordnet sind.

[0034] [Fig. 7](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gegenstrom-Abwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kornkohlenbett, ein Kationen-Austauscherbett und ein Anionen-Austauscherbett in Reihe angeordnet sind.

[0035] [Fig. 8](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gleichstrom-Abwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kornkohlenbett, ein Kationen-Austauscherbett und ein Anionen-Austauscherbett in Reihe angeordnet sind.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0036] Es gibt mehrere Arten, wie die Reduzierung von Abfallvolumen bis zu einem gewissen Grad konzipiert sein kann. Wie oben beschrieben, können z. B. Regenerierungsmittellösungen durch teilweises Wiederverwerthen des chemischen Entzugs auf das System verringert werden. Jedoch kann nur ein Drittel des chemischen Entzugs wiederverwertet werden, wenn keine Steuergeräte verwendet werden. Zudem führt Gegenstromregenerierung oder Regenerierungsmittelfluss entgegen dem Durchsatz zu einem niedrigeren Chemikalienverbrauch, was eine geringere Inanspruchnahme (Volumen) bedeuten kann. Jedoch ist ein komplexeres mechanisches System erforderlich, um das Bett während des Steigstromzyklus zu verdichten und die Effizienz zu verbessern. Die Wiederverwendung der Spülabfallstoffe kann das Gesamtabfallvolumen verringern. Gewöhnlich ist dies darauf beschränkt, Spülabfallstoffe nur wiederzuverwenden, wenn sie über einer bestimmten Güteklaasse liegen. Es können minimales Rückwaschen oder nur periodisches Rückwaschen eingesetzt werden. Ein Ausschluss des Rückwaschzyklus ist jedoch nicht machbar; sonst können Schmutz und Ablagerungen in den Säulen nicht beseitigt werden, oder es kann Furchenbildung auftreten. Alle obigen denkbaren Schritte in Kombination können das Abfallvolumen um 30 – 40% verringern. Dennoch beträgt das Volumen an zu behandelnder Abfallflüssigkeit durchschnittlich 10 BV oder 10 m³ pro m³ (75 Gallonen pro Kubikfuß) Harz. Überraschenderweise kann das Abfallflüssigkeitsvolumen durch Verwenden des internen Rückführsystems und des Abfallstoff-Programmiersystems der vorliegenden Erfindung leicht auf 1 BV (oder 1 m³ pro m³ (7,5 Gallonen pro Kubikfuß) Harz) oder weniger reduziert werden, d. h. ungefähr 1/10 des Abfallvolumens in den herkömmlichen Systemen.

[0037] In der vorliegenden Erfindung umfasst das Regenerierungssystem funktionsgemäß die Schritte Rückwaschen, chemisches Entziehen, Verdrängungsspülen und Qualitätsspülen, obwohl es nicht notwendig ist, diese Schritte getrennt durchzuführen.

System

[0038] Die vorliegende Erfindung kann an jedes Entionisierungs- oder Demineralisierungssystem angepasst werden, das Spülsysteme für Leiterplatten, die Reinigung mit Wasser, Plattieren/Anodisieren und ein Brauchwasser-Deionisierungssystem einschließt, ungeachtet des Kontaminationsgrads. Das System, auf das die vorliegende Erfindung angewendet werden kann, umfasst typischerweise einen Auffangsammlerbehälter, in den Industriespülmittel oder Stadtbrauchwasser in einem Betriebszyklus fließt und in den Stadtwasser oder deionisiertes Wasser in einem Regenerationszyklus fließt, eine Kationen-Austauschersäule, eine Anionen-Austauschersäule, Mehrfach-Ätzalkalitanks (Anionen-Regenerierungsmittellösungskessel) und Mehrfach-Säuretanks (Kationen-Regenerierungsmittellösungskessel) zum chemischen Entzug, einen Verdrängungsspültank (mehrfach unterteilt) zur Verdrängungsspülung, ein Luftreinigungsgebläse, eine Beschickungskammer, über die Abfallstoff aus dem System verworfen wird (entweder in ein Verdampferbecken oder ein Präzipitationssystem des Batch-Typs), ein Rohrleitungssystem, das in Beziehung stehende Ausrüstungen verbindet, Pumpen

und Durchflussmengen-Regelungssysteme. Es gibt vier Hauptingleitungsanäle: Der erste Kanal ist für einen Betriebszyklus, d. h. Prozess → Auffangsammlerbehälter (→ Aktivkohle) Kationen-Austauscherbett → Anionen-Austauscherbett → Prozess. Der zweite Kanal ist für einen Kationen-Austauscherbett-Regenerationszyklus, d. h. (Kationen-Regenerierungsmittellösungskeessel oder Verdrängungsspülkessel) → Kationen-Austauscherbett → (Kationen-Regenerierungsmittellösungskeessel oder Verdrängungsspülkessel). Der dritte Kanal ist für einen Anionen-Austauscherbett-Regenerationszyklus, d. h. (Anionen-Regenerierungsmittellösungskeessel oder Verdrängungsspülkessel) → Anionen-Austauscherbett → (Anionen-Regenerierungsmittellösungskeessel oder Verdrängungsspülkessel). Der vierte Kanal ist für einen Qualitätsspülzyklus, d. h. Auffangsammlerbehälter oder Einlass einer Rezirkulationspumpe (die den Auffangsammlerbehälter umgeht) → Kationen-Austauscherbett → Anionen-Austauscherbett → Auffangsammlerbehälter oder Einlass der Rezirkulationspumpe. Bei der Aufwärtsströmungsregenerierung (Gegenstromregenerierung, wenn der Durchsatz ein Fallstrom ist) können Rückwasch-, chemische Entzugs- und Verdrängungsspülzyklen im zweiten und dritten Kanal durchgeführt werden. Bei der Abwärtsströmungsregenerierung (Gleichstromregenerierung wenn der Durchsatz ein Fallstrom ist), kann ein Rückwaschzyklus für das Kationen-Austauscherbett in Aufwärtsströmungsrichtung unter Verwendung des vierten Kanals ohne Durchlaufen des Anionen-Austauscherbetts durchgeführt werden, während er für das Anionen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung unter vollständiger Verwendung des vierten Kanals durchgeführt werden kann (wenn der Durchsatz ein Steigstrom ist, kann das Rückwaschen weggelassen werden). Chemische Entzugs- und Verdrängungsspülzyklen bei der Abwärtsströmungsregenerierung können im zweiten und dritten Kanal durchgeführt werden. Im zweiten und dritten Kanal werden im Prinzip alle Regenerierungsmittel und die Verdrängungsspülung zirkuliert und im nachfolgenden Zyklus um einen Platz nach vorn verschoben, wodurch das erste Segment im nachfolgenden Zyklus entfernt wird und das letzte Segment im nachfolgenden Zyklus durch frische Lösung bereitgestellt wird. Die Spülung (Nachspülung) wird im vierten Kanal durchgeführt und fließt der Reihe nach durch das Kationen-Austauscherbett und das Anionen-Austauscherbett.

[0039] In DI-Ionenaustauschersystemen ist normalerweise ein Kationen-Austauscherbett stromaufwärts von einem Anionen-Austauscherbett platziert. Der Grund dafür ist, dass das Anionenharz alle Anionen in die Hydroxidart umwandelt und die Hydroxidarten der meisten zweiwertigen Metalle (darunter z. B. Calcium, Kupfer, Zinn oder Blei) unlöslich sind. Wenn diese in ein Anionenbett eingebracht würden, würden sie daher präzipitieren und das Harz verschmutzen. In einigen Systemen kann das Anion zuerst verwendet werden, z. B. wenn zum Weichmachen des eingeleiteten Industriespülmittels zuerst Natrium aus Kationenharz verwendet wird, um das zweiwertige Metall daraus zu entfernen.

[0040] Zur Schaffung eines zeiteffizienteren Systems ist die Verwendung eines Paars Ionenaustauschersäulen vorteilhaft, d. h. zwei Betten in paralleler Anordnung. In diesem System wird eine Ionenaustauschersäule, die erschöpft ist, der Regenerierung unterzogen, während die andere in Betrieb ist, so dass Industriespülmittel durch Umschalten der Säulen kontinuierlich aufbereitet werden können.

[0041] Zudem können eine Säule zur Entfernung von chelatisiertem Metall, eine Adsorbens-Säule wie eine Kornkohlsäule und verschiedene Arten von polymeren Adsorbentien (Adsorbentien der XAD-Reihe von Rohm & Haas) sowie eine Filtrvorrichtung stromaufwärts der Kationensäule in dieser Reihenfolge installiert sein, um das Abfallvolumen noch wirksamer zu minimieren.

[0042] Als Ionenaustauscherharz wird vorzugsweise ein Harz mit gleichmäßiger Korngröße verwendet, um den Spülwasser-Volumenbedarf wirksamer zu minimieren. Die Größe der Harzkörper ist normalerweise für -16 +50 Mesh ausgelegt. Einheitliche Körner weisen einheitliche Regenerierungsmerkmale auf und verringern somit das Abfallvolumen, insbesondere Spülmittel. Die Körner können größtmäßig spezifiziert sein, und gleich große Körner sind verfügbar. Die Korngröße dieser Harze ist typischerweise für den Meshbereich -30 +45 ausgelegt. Je gleichmäßiger das Korn, desto weniger Spülmittel und Regenerierungsmittel-Kontaktzeit ist vonnöten. Daher kann durch Verwenden eines gleichmäßigeren Korns das Abfallvolumen mehr verringert werden. Vorzugsweise können z. B. Purolite PFC-100 und PFA-400 verwendet werden.

[0043] Im Anfangsteil der Regenerierungsmittelleinleitung erfolgt ein gewisses Hochheben des Betts zum Lösen und Reinigen. Mit fortschreitender Regenerierung dehnen sich die Harze jedoch aus, und das Bett wird "gepackt". Im Falle einer Gegenstromregenerierung, d. h. einer Aufwärtsströmungsregenerierung (der Durchsatz ist normalerweise ein Fallstrom), ist nicht viel Raum zum Rückwaschen erforderlich, so dass ein kleinerer Kessel verwendet werden kann, der an der Oberseite fast keinen Raum einnimmt, wodurch Rückwaschen und Regenerierungslösung minimiert werden. Es ist nur genug Raum vorhanden, dass sich das Harz aufplustern kann.

[0044] Des Weiteren kann abhängig von der Beschaffenheit der Industriespülmittel und der Zielbehandlung eine der Kationensäule vorangehende metallselektive Harzsäule oder eine beliebige Kombination davon, eine Glättungssäule des Mischbett-Typs nach der Anionensäule, eine der Anionensäule vorangehende Anionensäule mit schwacher Base und eine der Anionensäule folgende Kationensäule mit schwacher Säure installiert sein.

[0045] Das Ende des Systems ist ein Verdampferbecken oder ein Außensystem wie ein Präzipitationssystem des Batch-Typs, in das der Endabfall hineinfließt. Der Endabfall wird ggf. nach Vornahme einer Weiterbehandlung konzentriert. In der vorliegenden Erfindung ist das Abfallvolumen sehr gering, und somit ist nur ein Verdampferbecken mit sehr wenig Volumen erforderlich, und die Konzentration ist sehr effizient. Typischerweise kann ein nicht beheizter atmosphärischer Verdampfer verwendet werden.

Betriebszyklus

[0046] Die zu behandelnden Industriespülmittel sind nicht besonders beschränkt. Beispielsweise können Leiterplatten-Spülmittel und wässrige Reinigungsspülmittel mit Spuren von Schwermetallen, in Metallhydroxid-Präzipitationssystemen verwendete Poliermittel und zu deionisierendes Brauchwasser aufbereitet werden.

[0047] Die Durchflussmenge beträgt allgemein 9,78 bis 24,45 m³/h pro m² (4 bis 8 gpm pro Quadratfuß) Bettfläche und 8,02 bis 16,04 m³/h pro m³ (1 bis 2 gpm pro Kubikfuß) Bettvolumen, obwohl die Rate abhängig von Größe, geplanter Verwendung und Soll-Behandlungsniveau des Systems breit variieren kann. Das System läuft während des Betriebs gewöhnlich mit Fallstrom, welches die normale Strömungsrichtung ist. Abhängig von Vorgabe-Industriespülmitteln, Gesamtbehandlungen und anderen Faktoren kann jedoch auch ein Steigstrom verwendet werden.

[0048] Vorfiltrieren im Betriebszyklus reduziert die Rückwaschnotwendigkeit in einem Regenerationszyklus, beseitigt sie aber nicht. Das heißt, die Vorfiltration wird zur Verringerung der auf die Harzbetten zukommenden Partikelbeladung vorgenommen, was wiederum die Rückwaschnotwendigkeit verringert. Zum Vorfiltrieren ist Kornkohle geeignet. Es kann jedoch auch ein Partikelfilter wie Multimedia oder Filtereinsätze verwendet werden. Die Kornkohle dient auch dazu, die organische Beladung zu verringern, die beim Anionenharz problematisch ist. Wenn eine Vorfiltrierung durchgeführt wird, wird das Rückwaschen modifiziert, um nur eine Umordnung zu erreichen und dadurch schließlich das Abfallvolumen zu verringern.

Regenerationszyklus

[0049] Nach Aussetzen des Betriebszyklus in dem System (wenn zwei Paare Kationen- und Anionen-Austauscherbetten parallel installiert sind, wird abwechselnd ein erschöpftes Bettelpaar dem Regenerationszyklus unterzogen, während das andere Bettelpaar in Betrieb gesetzt wird) beginnt ein Regenerationszyklus. Es gibt zwei funktionelle Vorgehensweisen bezüglich der Regenerierung von Deionisierungssystemen, von denen auf eine als Gegenstromregenerierung Bezug genommen wird, in der die Richtung des Durchsatzes und die des Regenerationsstroms gegensätzlich sind, und auf die andere als Gleichstromregenerierung Bezug genommen wird, in der die Richtung des Durchsatzes und die des Regenerationsstroms gleich sind. Es gibt auch zwei operative Vorgehensweisen zur Regenerierung von Deionisierungssystemen, wobei auf eine als Aufwärtsströmungsregenerierung Bezug genommen wird, in der die Regenerierung in Aufwärts-Strömungsrichtung ausgeführt wird, und auf die andere als Abwärtsströmungsregenerierung Bezug genommen wird, in der die Regenerierung in Abwärts-Strömungsrichtung ausgeführt wird. Das Aufwärtsströmungs- und das Abwärtsströmungs-Regenerierungsverfahren können sowohl auf Steigstrom- als auch Fallstrom-Betriebssysteme angewendet werden, d. h. ungeachtet der Richtung des Durchsatzes. Die Gegenstromregenerierung ist jedoch normalerweise wirksamer als die Gleichstromregenerierung, weil das Integral der Ionenaustauschrate vom Einlass zum Auslass bei der Gegenstromregenerierung normalerweise größer ist als bei der Gleichstromregenerierung. Vergleicht man Aufwärtsströmungsregenerierung und Abwärtsströmungsregenerierung, wird normalerweise die Abwärtsströmungsregenerierung bevorzugt, weil zwei Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Dichten (wie Rückwaschspüler und Regenerierungsmittel) an der Grenze nicht leicht vermischt werden und das Regenerierungsmittel unter Ausnutzung der Schwerkraft leicht nach unten fließen kann. Die Bedeutung in absteigender Reihenfolge ist somit wohl:

- 1) Steigstrom-Betriebszyklus und Abwärtsströmungsregenerierung (Gegenstrom-Abwärtsströmungsregenerierung),
- 2) Fallstrom-Betriebszyklus und Aufwärtsströmungsregenerierung (Gegenstrom-Aufwärtsströmungsregenerierung),
- 3) Fallstrom-Betriebszyklus und Abwärtsströmungsregenerierung (Gleichstrom-Abwärtsströmungsregenerierung)

rierung), und

4) Steigstrom-Betriebszyklus und Aufwärtsströmlungsregenerierung (Gleichstrom-Aufwärtsströmlungsregenerierung).

[0050] In Anbetracht der Tatsache, dass der Fallstrom-Betriebszyklus viel verbreiteter ist als der Steigstrom-Betrieb, kann der obige Punkt 2) in der Industrie jedoch mehr Bedeutung haben. Obwohl die relative Richtung von Regenerierung, Gegenstrom oder Gleichstrom wichtiger ist als die absolute Richtung von Regenerierung, Steigstrom oder Fallstrom, wird die Regenerierungsoperation der vorliegenden Erfindung basierend auf der absoluten Richtung erläutert, weil die Arbeitsvorgänge von Gegenstrom-Aufwärtsströmlungsregenerierung und Gleichstrom-Aufwärtsströmlungsregenerierung weitgehend dieselben sind und die Arbeitsvorgänge von Gegenstrom-Abwärtsströmlungsregenerierung und Gleichstrom-Abwärtsströmlungsregenerierung weitgehend dieselben sind.

[0051] Regenerierungsprozesse umfassen typischerweise Rückwaschen, chemischen Entzug, Verdrängungsspülen und Nachspülen. Jeder Prozess kann unabhängig gesteuert werden. Zum Beispiel ist Rückwaschen ein Gleichstrom (immer Aufwärtsströmung), und die anderen Prozesse sind Gegenströme, der chemische Entzug ist ein Gegenstrom, und die anderen Prozesse sind Gleichströme etc. Die Anpassung der Richtung jedes Stroms ist jedoch von Vorteil. In einer typischen Ausführungsform ist Rückwaschen ein Steigstrom, chemischer Entzug und Verdrängungsspülung sind entweder Steigstrom oder Fallstrom und die Nachspülung ist ein Fallstrom. Der Nachspüler wird mit Vollstrom verwendet, um die Regenerierungsmittel-Rückstände aus dem System zu spülen und die Betten für den nächsten Zyklus vorzubereiten, und deshalb wird das Nachspülen in einem anderen Kanal ausgeführt. Ein Teil des Kanals für den Betriebszyklus ist gewöhnlich dem Nachspülzyklus zugeordnet. Obwohl eine beliebige Kombination bezogen auf die Richtung jedes Stroms verwendet werden kann, werden nachstehend zwei typische Ausführungsformen erläutert, d. h. Aufwärtsströmlungsregenerierung und Abwärtsströmlungsregenerierung.

Aufwärtsströmlungsregenerierung

[0052] In einer bevorzugten Ausführungsform der Aufwärtsströmlungsregenerierung werden Rückwaschen, chemischer Entzug und Verdrängungsspülung in Aufwärts-Strömungsrichtung durchgeführt (die Nachspülung wird später erörtert). Bezogen auf Abfallminimierung ist die Gegenstrom-Aufwärtsströmlungsregenerierung allgemein besser als die Gleichstrom-Aufwärtsströmlungsregenerierung; erstere erreicht ohne Weiteres über 90% Ersparnis im Vergleich zur letzteren. Das Aufwärtsströmlungsregenerierungsmittel ist wirksam, weil durch den Aufwärtsströmlungs-Regenerierungsmittelfluss ein Harz-"Aufschütteln" erreicht wird, welches ein sehr kurzer Rückwasch-Schritt ist. Das Aufschütteln hebt das Bett an, so dass sich das Harz selbst neu anpassen kann, um Lücken und verdichtete Zonen zu mindern. Dies verbessert die Durchflussmengenverteilung und verhindert dadurch eine Störung der Strömung. Bei der Aufwärtsströmlungsregenerierung kann das Rückwaschen gleichzeitig mit dem chemischen Entzug durchgeführt werden, d. h. Rückwaschen und chemischer Entzug können kombiniert werden und werden beide mit einem einzigen Zyklus durchgeführt. Durch Verwenden einer Filtervorrichtung stromaufwärts der Ionen-Austauscherbetten während eines Betriebszyklus ist es möglich, die Notwendigkeit eines übermäßig langen Rückwaschens zu minimieren. In diesem Fall ist die Hauptfunktion des Rückwaschens ein "Aufschütteln" der Ionen-Austauscherbetten.

[0053] Eine Vorgehensweise zur Abfallminimierung ist Luftspülen vor der Regenerierung, um die Verdunstungswirkungen am Gesamtabfallvolumen zu verringern. In einem DI-System begann das Rückwaschen bisher einfach bei Unterbrechung des Betriebszyklus, was bedeutet, dass sämtliches unbehandeltes Wasser, das in den Betten verblieb, durch Rückwaschwasser herausgepresst wurde, das gewöhnlich Brauchwasser war, und zusammen mit dem Rückwaschwasser verworfen wurde. Bei diesem System wird mit der Luft ausgespültes Wasser in einen Auffangsammlerbehälter zurückgedrängt und später verarbeitet. Mit Durchführung des Luftspülens wird es leicht, die beiden zu trennen, d. h. wiederzuverwendendes Wasser und zu verwerfendes Regenerierungsmittel, wodurch das Abfallvolumen verringert wird.

1. Erstes Regenerierungsmittelquantum

[0054] In dieser Ausführungsform sind Rückwaschen und chemischer Entzug kombiniert. Nach Entleeren eines Ionen-Austauscherbetts wird ein erstes Quantum eines Regenerierungsmittels (verdünnte Chemikalie) von der Unterseite her mit einer derartigen Geschwindigkeit in das Bett eingebracht, dass das Bett gleichzeitig umgeordnet und regeneriert wird. Mit anderen Worten, das Rückwaschen wird mit Regenerierungsmittel durchgeführt. Durch die Umordnung des Betts durch Aufschütteln des Harzes werden Stoffübergangszonen, die durch den Durchsatz entwickelt werden, umverteilt, und dadurch die volle Säulenkapazität des Harzes wie-

dergewonnen. Obwohl die Fließgeschwindigkeit des Regenerierungsmittels zum Rückwaschen und Regenerieren gemäß der Bettdichte schwankt, sind Ströme für Kationen-Austauscher und für Anionen-Austauscher typischerweise 3,67 bis 6,11 m³/h pro m² (1,5 bis 2,5 gpm pro Quadratfuß) bzw. 1,22 bis 3,67 m³/h pro m² (0,5 bis 1,5 gpm pro Quadratfuß) Bettfläche. Für eine typische Betttiefe von drei Fuß (91,44 cm) beläuft sich dies auf 2,65 bis 5,29 m³/h/m³ (0,33 bis 0,66 gpm/ft³). Wenn ein Harzbett rückgewaschen wird, wandern die kleineren Körner zur Oberseite und die größeren zur Unterseite. Dadurch, dass alle Körner einer Größe eng zusammen sind, wird der Druckabfall über das Bett minimiert und die Verteilung verbessert. Die Regenerierung ist wirksamer, wenn das Bett verdichtet ist, so dass das Harz während des chemischen Injektionsschritts nicht herumwandert. Zur Verdichtung des Betts während der Aufwärtsströmungsregenerierung muss entweder eine mechanische oder hydraulische Vorrichtung das Bett verdichten, indem sie es in die entgegengesetzte Richtung stößt. Im Falle eines "gepackten" Betts wird das Mittel durch Füllen des Betts fast komplett "eingesperrt". Da sich das Harz während der Regenerierung ausdehnt, stellt es das Gleichgewicht her, wodurch es kompaktiert und die Harzmobilität ausgeschaltet wird, was die Ausnutzung des Regenerierungsmittels gewährleistet. In dieser Hinsicht ist ein unterbrochener Fluss (Impulsstrom) vorteilhaft, speziell wenn die Aufwärtsströmungsregenerierung eingesetzt wird, die bisher mechanische Mittel zur Sicherung der Betten erforderte, weil der Impulsstrom nicht dazu neigt, das Ionenaustauscherharz zu verlagern. Auf diese Weise können komplizierte mechanische Mittel zur Sicherung der Betten vermieden werden. Zudem kann durch Verwenden des Impulsstroms die Regenerierungsmittelmenge verringert werden, was bedeutet, dass das letztendlich in dem System generierte Abfallvolumen spürbar verringert wird. Impulsströme für Kationen-Austauscher und Anionen-Austauscher sind typischerweise 12,03 bis 20,05 m³/h pro m³ (1,5 bis 2,5 gpm pro Kubikfuß) bzw. 4,01 bis 12,03 m³/h pro m³ (0,5 bis 1,5 gpm pro Kubikfuß) Bettfläche in einem Intervall von 30 – 60 Sekunden.

[0055] In der vorliegenden Erfindung ist das obige erste Regenerierungsmittelquantum, das beim Rückwaschen und Regenerieren verwendet wird, das zweite Regenerierungsmittelquantum im vorigen Zyklus, wie später beschrieben. Das erste Regenerierungsmittelquantum ist reich an Chemikalien und wird aus dem System verworfen. In einer bevorzugten Ausführungsform wird nur das erste Quantum des Regenerierungsmittels in dem System verworfen, was gewöhnlich ein BV ist.

2. Verbleibende Regenerierungsmittelteile und Verdrängungsspülungsteile

[0056] Nachdem das erste Regenerierungsmittelquantum eingebracht ist, wird das zweite Regenerierungsmittelquantum von der Unterseite des Betts aus eingebracht. Nachdem das zweite Regenerierungsmittelquantum aufgebraucht ist, wird es zur Verwendung als erstes Regenerierungsmittelquantum im nachfolgenden chemischen Entzugzyklus aufgehoben. Wenn sich das Regenerierungsmittel aus zwei Teilen zusammensetzt, d. h. der ersten Hälfte und der zweiten Hälfte, wird die zweite Hälfte des Regenerierungsmittels zur Verwendung als erste Hälfte des nächsten chemischen Entzugs aufgehoben. Die zweite Hälfte des Regenerierungsmittels ist das erste Quantum der im vorigen Verdrängungszyklus verwendeten Verdrängungsspülung, was bedeutet, dass das erste nachstehend beschriebene Verdrängungsspülungsquantum aufgehoben wird, um zur Bildung von Regenerierungsmittelchemikalien für den chemischen Entzug verwendet zu werden. Kurz gesagt, kann ein Zyklus ablaufen, wie folgt:

- (a) Ansetzen mehrerer Regenerierungsmittelteile in Folge, wobei die Teile von 1 bis n nummeriert sind (wobei n eine ganze Zahl >1 ist, gewöhnlich 2 ≤ n ≤ 4, typischerweise n = 2; wenn n heraufgesetzt wird, wird das System komplex, und die Effizienz ist vermindert);
- (b) Rückwaschen und Regenerieren eines Ionen-Austauscherbetts mit dem ersten Regenerierungsmittelquantum durch Einbringen des Quantum in ein Ionen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung mit einer Geschwindigkeit, die ausreicht, das in dem Bett aufgenommene Harz umzuordnen und das Harz zu regenerieren;
- (c) Weiterregenerieren des Ionen-Austauscherbetts durch Einbringen jedes Quantum der Kationen-Regenerierungsmittelösung in Folge in Aufwärts-Strömungsrichtung, wodurch das Eluat des ersten Quantum der Kationen-Regenerierungsmittelösung aus dem Kationen-Austauscherbett herausgepresst und vom Regenerationszyklus separiert wird, z. B. in eine Beschickungskammer zum Ausdampfen verworfen wird;
- (d) Aufheben des Eluats jedes Quantum außer dem ersten Quantum der Kationen-Regenerierungsmittelösung zur Verwendung als Quantum der Kationen-Regenerierungsmittelösung im nachfolgenden Zyklus derart, dass das Eluat von Quantum #m (2 ≤ m ≤ n) aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum #(m-1) verwendet zu werden;
- (e) Ansetzen einer Verdrängungsspülung, vorzugsweise mehrerer Teile einer Verdrängungsspülung, wobei die Teile von 1 bis q nummeriert sind (wobei q eine ganze Zahl >1 ist, gewöhnlich 2 ≤ q ≤ 4, typischerweise q = 3; wenn q heraufgesetzt wird, wird das System komplex, und die Effizienz ist vermindert), wobei das Quantum Nr. q durch Frischespülen bereitgestellt wird;
- (f) Verdrängen des in dem Ionen-Austauscherbett vorhandenen Regenerierungsmittels mit der Verdrän-

gungsspülung vorzugsweise durch Einbringen jedes Quantum in Folge in Aufwärts-Strömungsrichtung in das Ionen-Austauscherbett;

(g) Aufheben eines Teils des Eluats der Verdrängungsspülung, vorzugsweise des ersten Quantum der Verdrängungsspülung zur Verwendung als letztes Regenerierungsmittelquantum (#n) im nachfolgenden Zyklus, wobei die Konzentration des letzten Regenerierungsmittelquantums eingestellt wird (das erste Quantum ist reich an Chemikalien und wird zur Bildung der Regenerierungsmittelchemikalien für den nächsten chemischen Entzug verwendet);

(h) vorzugsweise Aufheben des Eluats jedes der verbliebenen Teile der Verdrängungsspülung zur Verwendung als Verdrängungsspülungsquantum im nachfolgenden Zyklus derart, dass das Eluat von Quantum #p ($2 \leq p \leq q$) aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum #(p-1) verwendet zu werden;

(i) Durchführen von den Schritten (a) bis (h) entsprechenden Schritten an dem anderen Ionen-Austauscherbett. Wenn ein Kationen-Austauscherbett und ein Anionen-Austauscherbett gleichzeitig behandelt werden, kann die Behandlungszeit deutlich verringert werden.

[0057] Im Obenstehenden ist ein Quantum gewöhnlich gleichbedeutend mit einem BV. Durch Verwenden der obigen Rotation wird das Abfallvolumen merklich verringert, d. h. vorzugsweise insgesamt ein BV. In herkömmlichen Systemen wurde das Rezirkulieren von Verdrängungsspülungen nicht übernommen, denn je schmutziger das Wasser, desto mehr Kapazität wird aufgebraucht und desto geringer die Reinigungswirkung an dem Harz. Das Kreislaufsystem der vorliegenden Erfindung löst das obige Problem.

[0058] Chemischer Entzug wird in den herkömmlichen Verfahren typischerweise bei Konzentrationen von 4 – 6% oder ungefähr 59,91 g/l (0,50 Pfund (aktiv) pro Gallone) ausgeführt. In der vorliegenden Erfindung wird die Konzentration der Regenerierungsmittel auf beispielsweise 6 – 8% erhöht. Diese Konzentration wird mit Hilfe von Konzentrationsüberwachungsgeräten und einer chemischen Injektionspumpe, welche die richtigen Regenerierungsmittelchemikalien zugibt, auf genauen Grenzwerten gehalten. Die Chemikalienkonzentration in jeder Säule ist deshalb zur richtigen Regenerierung angepasst. Typische Ionenaustauschersysteme verwenden Regenerierungsmittelchemikalien bei 4 – 5%. Eine erhöhte Konzentration hilft, das Abwasservolumen zu minimieren. Obwohl in der vorliegenden Erfindung ungefähr 6% typisch für die Konzentration sind, können die Regenerierungsmittelkonzentrationen bei richtiger Steuerung bis auf 15 bis 20% hochgetrieben werden. Je höher jedoch die Konzentration, desto geringer das Regenerierungsmittelvolumen. Für eine angemessene Regenerierung sind bestimmte Mindestkontaktezeiten vonnöten. Wenn das Volumen zu klein ist, ist die Kontaktzeit selbst bei einer höheren Konzentration zu kurz und resultiert in einer schlechten Regenerierung. Systeme, die sehr hohe Konzentrationen verwenden, verwenden auch sehr hohe Volumen und produzieren eine Menge Wasser. Normale praktische Grenzwerte können ein Tiefstwert von 2% und ein Höchstwert von 12,5% sein. Als Chemikalien für den chemischen Entzug können z. B. HCl, H₂SO₄, NaOH und NaCl verwendet werden. Die Regenerierung wird typischerweise bei Durchflussmengen von 2 bis 8,02 m³/h pro m³ (0,25 bis 1,0 gpm pro Kubikfuß) ausgeführt.

[0059] Als Abschlussverdrängungsspülung wird Leitungswasser verwendet. Da es jedoch einige grundlegende Unverträglichkeiten mit Brauchwasser und NaOH gibt, würde entkationisiertes Wasser verwendet, um das Anion zu regenerieren.

[0060] Ein unterbrochener Fluss (Impulsstrom) ist im Verdrängungszyklus ebenfalls vorteilhaft, weil er beim Rückwaschen und chemischen Entzug vorteilhaft ist, speziell wenn Aufwärtsströmungsregenerierung eingesetzt wird.

Abwärtsströmungsregenerierung

[0061] Das vorgenannte Verfahren kann an Abwärtsströmungsregenerierung angepasst werden. Bei der Abwärtsströmungsregenerierung werden chemischer Entzug und Verdrängungsspülung in einem Ionen-Austauscherbett in Abwärts-Strömungsrichtung durchgeführt. Das Rückwaschen kann unter Verwendung eines anderen Kanals getrennt in Aufwärts-Strömungsrichtung ausgeführt werden und in einer Schleife wiederverwendet werden. Die Rückwasch-Schleife für das Kationen-Austauscherbett ist, wie folgt: Auffangsammlbehälter → Kationen-Austauscherbett → Auffangsammlbehälter. Die Rückwasch-Schleife für das Anionen-Austauscherbett ist, wie folgt: Auffangsammlbehälter → Kationen-Austauscherbett → Anionen-Austauscherbett → Auffangsammlbehälter, so dass zweiwertiges Kation entfernt werden kann. Dieses Rückwaschen kann basierend auf herkömmlichem Rückwaschen ausgeführt werden, d. h. die Fließgeschwindigkeit ist typischerweise 48,13 m³/h pro m³ (6 gpm pro Kubikfuß) für Kationen-Austauscherbetten, 16,04 m³/h/m³ (2 gpm/ft³) für Anionen-Austauscherbetten. Nach dem Rückwaschen wird das verbliebene Wasser in den Betten durch das erste Eluat aus dem chemischen Entzugzyklus herausgepresst und zu einem Auffangsammlbehälter zurückge-

bracht.

[0062] Chemischer Entzug und Verdrängungsspülung können auf ähnliche Weise durchgeführt werden wie in der Aufwärtsströmungsregenerierung. Regenerierungsmittel und Verdrängungsspülung werden von einem oberen Teil eines Betts aus in ein Bett eingebracht, z. B. genau über dem in dem Bett aufgenommenen Harz, weil in dem Bett über dem Harz ein großer freier Raum vorhanden ist, der mit unbehandeltem Wasser gefüllt ist. Genau über dem Harz eingebrachte Regenerierungsmittel können sich automatisch abwärts bewegen. Kurz gesagt, ähnlich wie die Aufwärtsströmungsregenerierung kann eine Abwärtsströmungsregenerierung ausgeführt werden, wie folgt:

- (a) Rückwaschen des Kationen- und des Anionen-Austauscherbetts durch Zirkulieren von Rückwaschspüler durch das Kationen- und das Anionen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung und Rezirkulieren des Rückwaschspülers;
- (b) Ansetzen mehrerer Regenerierungsmittelteile in Folge, wobei die Teile von 1 bis n nummeriert sind (wobei n eine ganze Zahl >1 ist, gewöhnlich $2 \leq n \leq 4$, typischerweise $n = 2$; wenn n heraufgesetzt wird, wird das System komplex und die Effizienz ist vermindert), wodurch der in dem Kationen- und dem Anionen-Austauscherbett vorhandene Rückwaschspüler daraus herausgepresst wird und von dem Regenerationszyklus separiert wird, z. B. indem er für das nachfolgende Verfahren zu einem Auffangsammlerbehälter verlagert wird;
- (c) Regenerieren des Ionen-Austauscherbetts mit dem ersten Regenerierungsmittelquantum durch Einbringen des Quantum in das Ionen-Austauscherbett in Abwärts-Strömungsrichtung ausgehend von einem oberen Teil des darin aufgenommenen Harzes;
- (d) Weiterregenerieren des Ionen-Austauscherbetts durch Einbringen jedes Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung in Folge in Abwärts-Strömungsrichtung;
- (e) Aufheben des Eluats jedes Quantum außer dem ersten Quantum des Regenerierungsmittels zur Verwendung als Quantum des Regenerierungsmittels im nachfolgenden Zyklus derart, dass das Eluat von Quantum #m ($2 \leq m \leq n$) aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum #(m-1) verwendet zu werden;
- (f) Ansetzen einer Verdrängungsspülung, vorzugsweise mehrerer Teile einer Verdrängungsspülung, wobei die Teile von 1 bis q nummeriert sind (wobei q eine ganze Zahl >1 ist, gewöhnlich $2 \leq q \leq 3$, typischerweise $q = 3$; wenn q heraufgesetzt wird, wird das System komplex, und die Effizienz ist vermindert), wobei das Quantum #q durch Frischespülen bereitgestellt wird;
- (g) Verdrängen der in dem Ionen-Austauscherbett vorhandenen Kationen-Regenerierungsmittellösung mit der Verdrängungsspülung vorzugsweise durch Einbringen jedes Quantum in das Ionen-Austauscherbett in Folge ausgehend von einem oberen Teil des darin aufgenommenen Harzes in Abwärts-Strömungsrichtung;
- (h) Aufheben eines Teils des Eluats der Verdrängungsspülung, vorzugsweise das Eluat des ersten Quantum der Verdrängungsspülung, zur Verwendung als letztes Regenerierungsmittelquantum im nachfolgenden Zyklus, wobei die Konzentration des letzten Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung eingestellt wird (das erste Quantum ist reich an Chemikalien und wird zur Bildung der Regenerierungsmittelchemikalien für den nächsten chemischen Entzug verwendet);
- (i) vorzugsweise Aufheben des Eluats jedes der verbliebenen Teile der Verdrängungsspülung zur Verwendung als Verdrängungsspülungsquantum im nachfolgenden Zyklus derart, dass das Quantum #p ($2 \leq p \leq q$) aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum #(p-1) verwendet zu werden;
- (j) Durchführen von den Schritten (b) bis (i) entsprechenden Schritten an dem anderen Ionen-Austauscherbett. Wenn ein Kationen-Austauscherbett und ein Anionen-Austauscherbett gleichzeitig behandelt werden, kann die Behandlungszeit spürbar verringert werden.

Nachspülen

[0063] Sowohl bei der Aufwärtsströmungsregenerierung als auch der Abwärtsströmungsregenerierung werden die Ionen-Austauscherbetten nach der oben beschriebenen Verdrängungsspülung einer Nachspülung oder Qualitätsspülung unterzogen, um die Regenerierungsmittel-Rückstände aus dem System zu spülen und das Bett für den nächsten Zyklus vorzubereiten. Dies wird auch als Schnellspülung bezeichnet und kann durchschnittlich 10 – 30 Minuten für jedes Haz bei $16,04 – 24,06 \text{ m}^3/\text{h/m}^3$ ($2 – 3 \text{ gpm/ft}^3$) dauern. Das Nachspülen kann in dem Kationen- und dem Anionen-Austauscherbett der Reihe nach durchgeführt werden, wie folgt:

- (A) Zirkulieren des Nachspülers durch das Kationen-Austauscherbett und das Anionen-Austauscherbett der Reihe nach in Abwärts-Strömungsrichtung; und
- (B) Rezirkulieren des Nachspülers, bis die Spülqualität des Ausflusses aus dem Kationen- oder Anionen-Austauscherbett einen vorbestimmten Grenzwert erreicht. Ein Teil des Kanals für den Betriebszyklus kann dem Nachspüler zugeordnet sein. Diese Spülung ist eine interne Spülung, die vollständig rezirkuliert

wird.

[0064] Nach der Verdrängung verbliebener Chemikalienüberschuss wird ausgespült und vom Oppositharz aufgesammelt, was zum Aufbrauchen der Kapazität des Harzes führt. Der Vorteil des minimierten Wasservolumens wiegt jedoch die obigen geringfügigen Nachteile auf. Das heißt, aufgrund der Tatsache, dass die Spülwässer rezirkuliert werden, ist ein gewisser Kapazitätsverlust vorhanden. Überschüssige Säure im Kationenspüler wird zu einem Beladungsmittel für das Anion. Überschüssiges Ätzalkali wird zu einem Beladungsmittel für das Kation. Wenn die Kapazität des Harzes in etwa gleich 0,91 kg (2 Pfund) Regenerierungsmittel ist und nach den Verdrängungsspülungen 2% Regenerierungsmittel in dem Harz verblieben sind (gleich 72,58 g (0,16 Pfund)), dann gehen 8 bis 10% der Gesamtkapazität verloren, während das Spülvolumen um 113,56 – 151,42 L (30 – 40 Gallonen) (4 – 6 BV) verringert wird. Dies ist kein bedeutender Verlust im Vergleich zu dem großen Vorteil der Reduktion des Gesamtabfallvolumens. Deionisiertes Wasser nimmt Ätzalkalisäure ganz leicht auf und neutralisiert aus den Ionen-Austauscherbetten entleerte Spülung wirksam. Wenn die Leitfähigkeit der Spülung unter einem vorbestimmten Grenzwert liegt, ist die Regenerierung abgeschlossen, und der Betriebszyklus wird wieder aufgenommen.

Kombination der Verfahren

[0065] Jedes der Merkmale steuert ein gewisses Level der Abwasserreduktion bei. Die Hauptersparnis ergibt sich aus den wiederverwendeten Rückwaschungen und den internen Spülungen. Kationenharze brauchen eine Menge Wasser zum Rückwaschen verglichen mit Anionen. Anionen brauchen jedoch mehr zum Spülen. Durch Verwenden der rezirkulierten Spülung können ungefähr 70% des Abfallvolumens reduziert werden, während ungefähr 25 – 75% des Abfallvolumens durch die teilweise Wiederverwendung des Regenerierungsmittels reduziert werden können. Wenn einige der Verfahren kombiniert werden, wird die Reduktion aufgrund synergistischer Wirkungen signifikanter. Bei der Abwärtsströmungsregenerierung ist es durch Benutzen der wiederverwendeten Rückwaschung, des progressiven Verdrängungszyklus des chemischen Entzugs und der Verdrängungsspülung sowie der rezirkulierten Nachspüler möglich, ungefähr 85 – 90% Reduktion des Abfallvolumens zu erreichen. Bei der Aufwärtsströmungsregenerierung ist es durch Verwenden der gefüllten Betten, des chemischen Entzugs in Kombination mit Rückwaschen, des progressiven Verdrängungszyklus des chemischen Entzugs und der Verdrängungsspülung sowie des rezirkulierten Nachspülers möglich, ungefähr 88 – 93% Reduktion des Abfallvolumens zu erreichen. Die Gesamtreduktion bezogen auf die absteigende Reihenfolge der Bedeutung kann eingestuft werden, wie folgt:

1. Wiederverwendete Rückwaschung oder rückwaschkombinierter chemischer Entzug
2. Rezirkulierter Nachspüler
3. Luftspülen
4. Wiederverwendung von Regenerierungsmittel oder progressiver Verdrängungszyklus von chemischem Entzug und Verdrängungsspülung
5. Gleichmäßige Körner
6. Vorfiltrierung
7. Gepackte Betten
8. Gegenstromregenerierung
9. Progressive Verdrängungsspülungen
10. Erhöhte Regenerierungsmittelkonzentration

Andere Verfahren

[0066] Eine metallselektive Harzsäule, eine Glättungssäule des Mischbetttyps, eine Anionensäule mit schwacher Base, eine Kationensäule mit schwacher Säure und andere können in einem System verwendet werden, abhängig davon, was in dem Strom ist, was herausgenommen werden sollte und welche Qualität am Ende gefordert ist. Wenn das System cheliertes Kupfer, Nickel oder Zink enthält, ist allgemein die Verwendung eines selektiven Harzes notwendig, um dieses Chelat zu brechen. Andere Formen komplexer Metalle brauchen dies nicht. Wenn die metallselektiven Harze verwendet werden, um das "Schruppen" mit zu übernehmen, braucht das deionisierte System nicht so hart zu arbeiten. Ein Kornkohlenbett ist normalerweise zur Entfernung organischer Verbindungen ausgerüstet.

[0067] Wenn Wasser von extrem hoher Reinheit benötigt wird, wird allgemein ein Mischbett verwendet. Mischbetten werden vorzugsweise vermieden, weil sie schwierig zu regenerieren sind und eine Menge Wasser brauchen. Stattdessen kann ein Kationen-Poliermittel mit schwacher Säure verwendet werden, um dabei entweichende Kationen aufzunehmen.

[0068] Kationen-Poliermittel mit schwacher Säure können verwendet werden, um Spuren von Natrium zu beseitigen, die aus herkömmlichen Kationsystemen entweichen können. Natrium kann aus dem Kation durch Schwermetalle "gekickt" werden, die selektiver gehalten werden. In diesem Fall nimmt das Poliermittel hauptsächlich Natrium auf. Wenn die Kationen-Beladung jedoch extrem ist, kann das Poliermittel einfach als Reservesekapazität dienen.

[0069] Harze mit schwacher Base können nur mit Kationen oder vor Anionensäulen mit starker Base verwendet werden.

AUSFÜHRUNGSFORM 1: Gegenstrom-Aufwärtsströmungs-Regenerierungssystem

[0070] [Fig. 1](#) ist ein schematisches Rohrleitungssystem, das ein Beispiel eines für die vorliegende Erfindung geeigneten Basis-Deionisierungs- und Regenerierungssystems zeigt, in dem Gegenstrom-Aufwärtsströmungsregenerierung übernommen ist. Obwohl stromaufwärts eines Kationen-Austauscherbetts vorzugsweise eine Kohlenstoffsäule installiert ist, ist sie in diesem System weggelassen.

Betriebszyklus

[0071] In einem Verfahren wie einem Plattierungssystem verwendetes Spülwasser wird in einem Deionisierungssystem deionisiert, wiederaufbereitet und in dem Verfahren wiederverwendet. Der Deionisierungsstrom wird hierin Durchsatz genannt. Das in dem Prozess verwendete Spülwasser geht in einen Spülkessel **1** und ergießt sich in einen Auffangsaufnahmbehälter **2**. Dies ist der Einlass des Systems. Der Auslass des Systems ist ein Betriebsauslass, aus dem das deionisierte Spülwasser entleert wird und in den Prozess zurückkehrt. Das zu deionisierende Spülwasser geht durch eine Pumpe **5** und ein Filter **3** und gelangt über ein Ventil C1 von der Oberseite her in ein Kationen-Austauscherbett **7** mit starker Säure. Die Fließgeschwindigkeit wird durch ein Durchflussmessgerät **4** überwacht. Das Kationenaustausch-Spülwasser wird aus der Unterseite des Kationen-Austauscherbetts **7** mit starker Säure entleert und gelangt über ein Ventil A1 von der Oberseite her in ein Anionen-Austauscherbett **8** mit starker Base. Das Anionenaustausch-Spülwasser wird aus der Unterseite des Anionen-Austauscherbetts **8** mit starker Base entleert und kehrt über den Betriebsauslass **27** durch Ventile A13 und W7 hindurch in das Verfahren zurück.

Vorbehandlung

[0072] Nachdem die Pumpe **5** abgeschaltet und der Betriebszyklus unterbrochen ist, wird ein Regenerationszyklus eingeleitet. Der erste Schritt des Regenerationszyklus ist Luftpulen. Eine Luftpumpe **10** wird angeschaltet und ein Ventil O1 geöffnet. Luft wird in das Kationen-Austauscherbett **7** und dann über ein Ventil A1 in das Anionen-Austauscherbett eingeleitet und presst das verbliebene Spülwasser des Betriebszyklus über das Ventil A13 und ein Ventil A9 aus den Austauscherbetten **7** und **8** heraus, wodurch das Spülwasser zu einem Auffangsaufnahmbehälter **2** zurückgeht. Sämtliches Spülwasser in den Betten wird vor der Regenerierungsbehandlung entzogen und dadurch eine Verdünnung der nachfolgend als Regenerierungsmittel zu verwendenden Chemikalien vermieden.

Kationen-Austauscherbett-Regenerationszyklus

[0073] Der nächste Schritt des Regenerationszyklus ist ein chemischer Entzugzyklus, der auch als Rückwassschung dient. Ventile H4, H7 und E1 werden geöffnet und eine Pumpe **21** betätigt, so dass die erste Hälfte der in einem ersten Säuretank **18** gespeicherten Säurelösung (HCl) von der Unterseite aus in das Kationen-Austauscherbett **7** mit starker Säure eingeleitet wird. Die Säurelösung ist Teil der zuvor verwendeten Säurelösung (die zweite Hälfte der Säurelösung), wie später erläutert. Die Geschwindigkeit des Durchflusses ist langsam genug, um das Harz mit H⁺ zu regenerieren, aber schnell genug, um das Harz hochzuheben und umzuordnen sowie ggf. vorhandenen Schmutz aufzunehmen. An diesem Ende fungiert dieser Durchfluss als Rückwassschung mit Säurelösung. Wenn der Wassergehalt der Säurelösung im ersten Säuretank **18** gering ist und einen vorbestimmten Grenzwert erreicht, wird ein Ventil H5 geöffnet und ein Ventil H4 geschlossen. Die zweite Hälfte der Säurelösung beginnt zu fließen und gelangt über die Pumpe **21** und das Ventil H7 in das Kationen-Austauscherbett **7**. Als zusätzlicher Aspekt kann die Säurelösung über ein Ventil H0, den Kessel **19** und die Pumpe **21** zirkuliert werden. Da die Säurelösung die erste Lösung ist, nimmt die Säurelösung einen erheblichen Anteil der Metalle aus dem Harz auf, und somit wird die Säurelösung über ein Ventil E1 in die Beschickungskammer **11** eingespeist und geht dann über ein Ventil E3 zu einem Verdampfervorratsbehälter **12**. Der obige Durchfluss erfolgt, wenn die zweite Hälfte der Säurelösung in das Kationen-Austauscherbett **7** eintritt und die verbliebene erste Hälfte der Säurelösung daraus herauspresst. Dieses in der Beschickungskammer **11** aufgenommene Ab-

fallvolumen wird durch einen in der Beschickungskammer **11** vorgesehenen Füllstandsschalter gesteuert, wie nachstehend beschrieben, so dass das Volumen ungefähr äquivalent zu einem Bettvolumen sein kann, d. h. dem Volumen der ersten Hälfte der Säurelösung.

[0074] Die Säurekonzentration der Lösung in dem zweiten Säuretank **19** wird durch Einleiten von Säurekonzentrat in den zweiten Säuretank **19** eingestellt (die eingestellte Konzentration beträgt ungefähr 8%). Wenn der Wassergehalt der Säurelösung in dem zweiten Säuretank **19** niedrig ist und einen vorbestimmten Grenzwert erreicht, wird das Ventil H5 geschlossen und ein Ventil R3 geöffnet, und dann macht der Zyklus mit einem Verdrängungsspülzyklus weiter.

[0075] Bei einem vorbestimmten niedrigen Pegel im Abteil "B" eines Verdrängungsspül tanks **20** (Kationen-Spülkessel) wird ein Ventil R3 geschlossen und ein Ventil R1 geöffnet. Die Säurelösung in dem System, d. h. in dem Bett **7** und der Rohrleitung, wird kontinuierlich herausgepresst und zu einem Verdampferzulaufbehälter **11** überführt. Wenn der Pegel der verbrauchten Säurelösung einen vorbestimmten Grenzwert in dem Verdampferzulaufbehälter **11** erreicht, wird das Ventil E1 geschlossen und der Strom mittels eines offenen Ventils H1 zum ersten Säuretank **18** umgelenkt. Die Säurelösung im ersten Säuretank **18** wird dann im nächsten Zyklus verwendet, d. h. die zweite Hälfte der Säurelösung wird aufgehoben, um ohne Anreicherung von Chemikalien als erste Hälfte der nächsten Säurelösung verwendet zu werden, weil die zweite Hälfte der Säurelösung noch reich an Säure ist. Bei einem vorbestimmten hohen Pegel im ersten Säuretank **18** wird das Ventil H1 geschlossen und das Ventil H2 geöffnet, wodurch der Strom zum zweiten Säuretank **19** umgelenkt wird. Bei einem vorbestimmten hohen Pegel im Kessel **19** wird das Ventil H2 geschlossen und das Ventil H3 geöffnet, wobei der Strom zum Verdrängungsspül tank **20** geht.

Verdrängungsspülzyklus

[0076] Wenn der Pegel des zweiten Drittels der in der Sektion B aufgenommenen Verdrängungsspülung niedrig ist und einen vorbestimmten Grenzwert erreicht, wird vom Auffangsammlerbehälter **2** über das Ventil C3 als drittes Drittel der Verdrängungsspülung Brauchwasser an das Bett **7** geliefert, wodurch das zweite Drittel der in dem System verbliebenen Verdrängungsspülung herausgepresst und in die Sektion B des Verdrängungsspül tanks **20** verlagert wird. Das benutzte zweite Drittel der Verdrängungsspülung in Sektion B fließt zur Sektion A hinüber und wird zur Verwendung als erstes Drittel der Verdrängungsspülung im nachfolgenden Verdrängungszyklus aufgehoben. Nach Verwendung wird das dritte Drittel der Verdrängungsspülung (Brauchwasser) in die Sektion B des Verdrängungsspül tanks **20** eingespeist und wenn ein vorbestimmter Grenzwert in der Sektion A erreicht ist, wird das Ventil H3 geschlossen. Auf diese Weise wird das dritte Drittel der Verdrängungsspülung aufgehoben, um im nachfolgenden Verdrängungszyklus als zweites Drittel der Verdrängungsspülung verwendet zu werden.

[0077] Kurz gesagt, die erste Hälfte der Säurelösung, die zweite Hälfte der Säurelösung, das erste Drittel der Verdrängungsspülung, das zweite Drittel der Verdrängungsspülung und das dritte Drittel der Verdrängungsspülung sind im nachfolgenden Zyklus um jeweils einen Platz nach vorn verschoben. Das heißt, die erste Hälfte der Säurelösung ist zu verwerfen; die zweite Hälfte der Säurelösung wird zur Verwendung als nachfolgende erste Hälfte der Säurelösung aufgehoben; das erste Drittel der Verdrängungsspülung wird zur Verwendung als nachfolgende zweite Hälfte der nachfolgenden Säurelösung aufgehoben; das zweite Drittel der Verdrängungsspülung wird zur Verwendung als nachfolgendes erstes Drittel der Verdrängungsspülung aufgehoben; das dritte Drittel der Verdrängungsspülung wird zur Verwendung als nachfolgendes zweites Drittel der Verdrängungsspülung aufgehoben; und Brauchwasser dient als drittes Drittel der Verdrängungsspülung. Dieses System wird "progressive Verdrängung" genannt. Als Ergebnis wird nur die erste Hälfte der Säurelösung, d. h. ein Bettvolumen, aus dem System verworfen.

[0078] Die obige Regenerierung eines Kationen-Austauscherbetts wird vorzugsweise gleichzeitig mit derjenigen eines Anionen-Austauscherbetts ausgeführt, was die Effizienz steigert.

Anionen-Austauscherbett-Regenerationszyklus

[0079] Die Regenerierung des Anionen-Austauscherbetts kann auf dieselbe Weise durchgeführt werden wie diejenige des Kationen-Austauscherbetts. Das heißt, ein Ventil N4 wird geöffnet, eine Pumpe **25** wird angeschaltet, Ventile N7 und E2 werden geöffnet. Alkalische Lösung (NaOH) fließt aus einem Kessel **22** in das Anionen-Austauscherbett **8** und drückt die Luft in dem Anionen-Austauscherbett von der Oberseite aus heraus. Wenn der Pegel der alkalischen Lösung im Kessel **22** niedrig ist und einen vorbestimmten Grenzwert erreicht, wird ein Ventil N4 geschlossen und ein Ventil N5 geöffnet, und alkalische Lösung in einem Kessel **23** beginnt,

über das Ventil N5 zu fließen. Die zweite Hälfte der alkalischen Lösung beginnt, über die Pumpe **25** und das Ventil N7 zu fließen und in das Anionen-Austauscherbett **8** einzutreten. Als zusätzlicher Aspekt kann die alkalische Lösung über ein Ventil N0, den Kessel **23** und die Pumpe **25** zirkuliert werden. Das Bett **8** ist mit alkalischer Lösung angefüllt, und dann wird das erste Bettvolumen in dem Bett **8** über ein Ventil E2 in eine Beschickungskammer **28** verworfen, wie folgt: Bei einem vorbestimmten niedrigen Pegel im Kessel **23** wird das Ventil N5 geschlossen und das Ventil R2 geöffnet, Verdrängungsspülung beginnt, in das Bett **8** hineinzufließen und drückt die in dem Bett **8** vorhandene alkalische Lösung aus dem System heraus. Diese aus dem System herausgespülte Lösung entspricht dem ersten Quantum der alkalischen Lösung. Bei einem vorbestimmten hohen Pegel im Verdampferzulaufbehälter **28** wird ein Ventil E2 geschlossen und ein Ventil N1 geöffnet, wodurch der Alkalilösungsstrom zum Kessel **22** umgelenkt wird (die in dem Zulaufbehälter **28** aufgenommene Lösung geht dann über ein Ventil E4 zum Verdampfervorratsbehälter **12**). Bei einem vorbestimmten hohen Pegel im Kessel **22** wird das Ventil N1 geschlossen und das Ventil N2 geöffnet und die schwache alkalische Lösung/Spülösung in den Kessel **23** gesichert. Bei einem vorbestimmten hohen Pegel im Kessel **23** wird das Ventil N2 geschlossen, und der Strom geht zum Kessel **24**. Das dritte Verdrängungsspülungsquantum wird durch Brauchwasser bereitgestellt, das in das Bett **7** und den Kessel **8** eingespeist wird und das verbliebene zweite Verdrängungsspülungsquantum zur Verwendung als erstes Quantum der Verdrängungsspülung im nachfolgenden Zyklus über ein Ventil N3 zu einem Verdrängungsspültank **24** drückt. Das dritte Verdrängungsspülungsquantum wird aufgehoben, um im nachfolgenden Zyklus als zweites Verdrängungsspülungsquantum verwendet zu werden.

Qualitätsspül-(Nachspül-)Zyklus

[0080] Nach der Verdrängungsspülung werden die Pumpen **21** und **25** abgestellt. Eine kleine Menge alkalische Lösung verbleibt noch in dem Bett **7**, und daher wird ein Qualitätsspülen mit Vollstrom durchgeführt, um die Regenerierungsmittel-Rückstände aus dem System zu spülen und die Betten für den nächsten Zyklus vorzubereiten. Die Pumpe **5** wird betätigt, und Wasser zum Qualitätsspülen wird vom Auffangsammlbehälter **2** der Reihe nach über den Durchsatzweg durch das Filter **3**, den Durchflussmesser **4**, das Ventil C1, das Kationen-Austauscherbett **7**, das Ventil A1, das Anionen-Austauscherbett **8** und die Ventile A13 und A9 fließen gelassen (Abwärtsströmungsregenerierung), und die Qualitätsspülung wird rezirkuliert, bis die elektrische Leitfähigkeit der aus dem Anionen-Austauscherbett **8** entleerten Spülung niedrig genug zur Einleitung des Durchsatzes ist. Die Leitfähigkeit der Spülung kann durch ein Leitfähigkeitskontrollgerät **26** gemessen werden.

[0081] Wenn die Leitfähigkeit der aus dem Bett **8** entleerten Spülung einen vorbestimmten Grenzwert erreicht, ist die Regenerierung abgeschlossen und das System wieder in Betrieb. In dem obigen Qualitätsspülzyklus wird kein Abwasser erzeugt. Die gesamte Spülung wird in dem System rezirkuliert.

AUSFÜHRUNGSFORM 2: Gegenstrom-Abwärtsströmungs-Regenerierungssystem

[0082] [Fig. 2](#) ist ein schematisches Rohrleitungssystem, das ein Beispiel eines für die vorliegende Erfindung geeigneten Basis-Deionisierungs- und Regenerierungssystems zeigt, in dem Gegenstrom-Abwärtsströmungsregenerierung übernommen ist. Ein Regenerationszyklus ist grundsätzlich derselbe wie bei der früher beschriebenen Aufwärtsströmungsregenerierung, und daher wird eine detaillierte Erläuterung weggelassen. Der Durchsatz wird jedoch in Aufwärts-Strömungsrichtung ausgeführt, was entgegengesetzt zu der in [Fig. 1](#) gezeigten Richtung bei der Aufwärtsströmungsregenerierung ist. Ferner sind Ventile A11 und C8 installiert, um das vorhandene Wasser (Rückwaschspüler) vor der Regenerierung aus den Betten **7** und **8** zum Auffangsammlbehälter **2** herauszupressen.

[0083] Der Durchsatz erfolgt in Aufwärts-Strömungsrichtung über den Auffangsammeibehälter **2**, die Pumpe **5**, das Filter **3**, den Durchflussmesser **4**, ein Ventil C9, das Kationen-Austauscherbett **7**, Ventile C11 und A14, das Anionen-Austauscherbett **8**, Ventile A13 und W7 sowie den Betriebsauslass **27**.

[0084] Das Rückwaschen für das Kationen- und das Anionen-Austauscherbett **7** und **8** erfolgt in Aufwärts-Strömungsrichtung in einer Schleife über die Pumpe **5**, das Filter **3**, den Durchflussmesser **4**, das Ventil C9, das Kationen-Austauscherbett **7**, die Ventile C11 und A14, das Anionen-Austauscherbett **8**, die Ventile A13 und A9 sowie den Auffangsammlbehälter **2**, wenn die Ventile C10, C7, A12, A10 und W7 geschlossen sind, wobei zweiwertiges Kation vor Eintritt in das Anionen-Austauscherbett entfernt wird. Der progressive Verdrängungszyklus des chemischen Entzugs (Kation) und der Verdrängungsspülung erfolgt in Abwärts-Strömungsrichtung in einer Schleife über die Pumpe **21**, das Ventil H7, das Kationen-Austauscherbett **7**, ein Ventil C7 und die Kessel **18/19/20**. Der progressive Verdrängungszyklus des chemischen Entzugs (Anion) und der Verdrängungsspülung erfolgt in Abwärts-Strömungsrichtung in einer Schleife über die Pumpe **25**, das Ventil N7, das

Anionen-Austauscherbett **8**, ein Ventil A10 und die Kessel **22/23/24**. Da Luftpülen in der Abwärtsströmungsregenerierung nicht ausgeführt wird, wird vor Beginn der obigen Regenerierungszyklen in den Schleifen das erste Volumen aus jedem der Betten **7** und **8**, welches in jedem der Betten **7** und **8** verbliebener Rückwaschspüler ist, über die Ventile C8 und A11 zum Auffangsammlerbehälter **2** umgelenkt. Die Unterbrechungszeiteinstellung des Öffnens und Schließens der Ventile C8 und A11 kann berechnet und durch eine programmierbare Steuerung gesteuert werden. Das Nachspülen erfolgt in Abwärts-Strömungsrichtung in einer Schleife über die Pumpe **5**, das Filter **3**, den Durchflussmesser **4**, das Ventil C9, das Kationen-Austauscherbett **7**, die Ventile C11 und A14, das Anionen-Austauscherbett **8**, die Ventile A13 und A9 sowie den Auffangsammlerbehälter **2**. Die Leitfähigkeit des Nachspülers stromabwärts des Anionen-Austauscherbetts **8** wird durch das Leitfähigkeitskontrollgerät **26** gemessen.

AUSFÜHRUNGSFORM 3: Gegenstrom-Aufwärtsströmungs-Regenerierungssystem mit zwei Leitungen

[0085] [Fig. 3](#) ist ein schematisches Rohrleitungssystem, das ein Beispiel eines für die vorliegende Erfindung geeigneten Deionisierungs- und Regenerierungssystems zeigt, in dem Gegenstrom-Aufwärtsströmungsregenerierung übernommen ist. Ein Regenerationszyklus ist grundsätzlich derselbe wie bei der früher beschriebenen Aufwärtsströmungsregenerierung ([Fig. 1](#)), und eine detaillierte Erläuterung wird daher weggelassen. In dieser Ausführungsform umfasst das System zwei Kationen-Austauscherbetten **7** und **13** mit starker Säure, zwei Anionen-Austauscherbetten **8** und **14** mit starker Base, zwei Kationen-Austauscherbetten **9** und **15** mit schwacher Säure und ein Kornkohlenbett **6**. Zwei Paare bestehend aus einem Kationen-Austauscherbett mit starker Säure und einem Anionen-Austauscherbett mit starker Base werden verwendet, so dass wenn ein Paar davon erschöpft ist, das andere in Betrieb gesetzt und das erschöpfte Paar einem Regenerationszyklus unterzogen wird. Wenn das erschöpfte Paar regeneriert und das Paar in Betrieb erschöpft ist, wird das erstere Paar in Betrieb gesetzt und das letztere Paar einem Regenerationszyklus unterzogen. Wenn beispielsweise das Kationen-Austauscherbett **7** mit starker Säure und das Anionen-Austauscherbett **8** mit starker Base erschöpft sind, wird ein Ventil G5 geschlossen und ein Ventil G6 geöffnet. Im Betrieb aufzubereitendes Wasser fließt über ein Ventil C2, ein Kationen-Austauscherbett **13** mit starker Säure, ein Ventil A2, ein Anionen-Austauscherbett **14** mit starker Base, Ventile A8 und W1, ein Kationen-Austauscherbett **9** mit schwacher Säure und das Ventil W7. Die Operation der Kationen-Austauscherbetten **9** und **15** mit schwacher Säure kann unabhängig von der Operation eines Paares der Betten **7** und **8** oder des anderen Paares der Betten **13** und **14** durchgeführt werden. Das heißt, eine Kombination der Betten **7**, **8** und **9**, der Betten **7**, **8** und **15**, der Betten **13**, **14** und **9** oder der Betten **13**, **14** und **15** kann für Betrieb und Regenerierung eingesetzt werden. Auf diese Weise kann die Deionisierungsbehandlung durchgängig erfolgen. Dieses System mit dem schwachen Anionen-Austauscherbett ist zur Behandlung von Spülern geeignet, die beim Plattieren und in anderen Prozessen verwendet werden, in denen hoher spezifischer elektrischer Widerstand erwünscht ist und ein hoher pH-Wert nicht toleriert werden kann. Ein Regenerationszyklus kann auf dieselbe Weise durchgeführt werden wie in Ausführungsform 1 ([Fig. 1](#)). Das Nachspülen erfolgt der Reihe nach über das Kationen-Austauscherbett **7** mit starker Säure und das Anionen-Austauscherbett **8** mit starker Base, oder das Kationen-Austauscherbett **13** mit starker Säure und das Anionen-Austauscherbett **14** mit starker Base sowie das Kationen-Austauscherbett **9** oder **15** mit schwacher Säure.

BEISPIEL:

[0086] Unter Verwendung des in [Fig. 3](#) gezeigten Systems wurde die beim Plattieren verwendete Spülung deionisiert. 141,58 L (5 ft³) "PFC-100-H" (Produktnname, Purolite Co., Philadelphia) wurden als Kationenharz mit starker Säure verwendet. 141,58 L (5 ft³) PFA-400-OH (Produktnname, Purolite Co., Philadelphia) wurden als Anionenharz mit starker Base verwendet. 141,58 L (5 ft³) C-105-H (Produktnname, Purolite Co., Philadelphia) wurden als Kationenharz mit schwacher Säure verwendet. 169,9 L (6 ft³) 8 × 3 gewaschene Säure auf Kohlebasis (ATOCHEM, Oklahoma) wurden als Kornkohle verwendet. AmetekTM 4" × 20"-spinngbundenes Polypropylen (AMETEK, Connecticut) wurden als Filter verwendet. Die zu deionisierende Spülung hatte eine Leitfähigkeit von 1.700 µS·cm. Der Durchsatz erfolgte über die Pumpe **5**, das Filter **4**, den Durchflussmesser **3**, ein Ventil G1, das Kohlenstoffbett **7**, ein Ventil G5, das Ventil C1, das Bett **7**, das Ventil A1, das Bett **8**, das Ventil A7, ein Ventil W1, das Bett **9** und ein Ventil W7. Nach **10** Betriebsstunden mit dem Kationen-Austauscherbett **7** mit starker Säure, dem Anionen-Austauscherbett **8** mit starker Base und dem Kationen-Austauscherbett **9** mit schwacher Säure wurde die Leitfähigkeit des aus dem Anionen-Austauscherbett **8** mit starker Base entleerten deionisierten Wassers hoch (10µS·cm, gemessen durch ein Leitfähigkeitskontrollgerät **26**), was bedeutet, dass die Betten **7** und **8** erschöpft waren. Daher wurde die Route des Durchsatzes geändert, so dass sie durch das Kationen-Austauscherbett **13** mit starker Säure, das Anionen-Austauscherbett **14** mit starker Base und das Kationen-Austauscherbett **9** mit schwacher Säure verlief, nicht durch die Betten **7** und **8**, die dann einem Regenerationszyklus unterzogen wurden.

[0087] Das Umschalten der Betriebsleitung über die Betten 7 und 8 auf die Betriebsleitung über die Betten 13 und 14 erfolgte durch Schließen der Ventile G5 und A7 und Öffnen der Ventile G6 und A8, so dass Prozesswasser durch die Betten 13 und 14 statt durch die Betten 7 und 8 zu fließen begann. Basierend auf der Rohrleitung in [Fig. 3](#) können Durchsatz und Regenerierungsstrom ungehindert gleichzeitig ausgeführt werden. Die Regenerierung der Betten 7 und 8 wurde ausgeführt, wie folgt:

Zuerst wurde das Luftreinigungsgebläse 10 angeschaltet und über das Ventil O1 Luft in das Kationen-Austauscherbett 7 mit starker Säure eingeleitet, wodurch das in dem System verbliebene Wasser herausgepresst und über die Ventile A1, A9 und S8 zum Auffangsammlerbehälter 2 zurückgeleitet wurde. Der Druck der Luft betrug 413,69 kPa (Überdruck) (60 psig). Dann wurde ein progressiver Verdrängungszyklus gestartet. Im ersten Säuretank 18 und zweiten Säuretank 19 waren jeweils 141,95 L (37,5 Gallonen) 8%ige HCl-Lösung aufgenommen. In den Abteilen A und B des Verdrängungsspül tanks 20 waren jeweils 196,84 L (52 Gallonen) Lösung aufgenommen. Im ersten Basentank 22 und zweiten Basentank 23 waren jeweils 141,95 L (37,5 Gallonen) 6%ige NaOH-Lösung aufgenommen. In den Abteilen A und B des Verdrängungsspül tanks 24 waren jeweils 141,95 L (37,5 Gallonen) Lösung aufgenommen.

[0088] Das erste Quantum Säurelösung in dem ersten Kessel 18 (die erste Kationen-Regenerierungsmittel-lösung) wurde mit einer Rate von 20,05 m³/h/m³ (2,5 gpm/ft³) über das Ventil H4, die Pumpe 21 und das Ventil H7 in das Kationen-Austauscherbett 7 mit starker Säure eingespeist (das Ventil E1 wurde geöffnet). Wenn der Füllstandsschalter im Kessel 18 an war, war das Ventil H4 geschlossen und das Ventil H5 geöffnet, und die im zweiten Säuretank 19 aufgenommene Säurelösung (die zweite Kationen-Regenerierungsmittel-lösung) wurde mit einer Rate von 20,05 m³/h/m³ (2,5 gpm/ft³) kontinuierlich in das System eingespeist. Wenn der Füllstandsschalter im Kessel 19 aktiviert wurde, wurde das Ventil H5 geschlossen und das Ventil R3 geöffnet. Im Abteil B aufgenommene Verdrängungsspülung (die erste Verdrängungsspülung) des Kessels 20 wurde mit einer Rate von 20,05 m³/h/m³ (2,5 gpm/ft³) kontinuierlich in das System eingespeist. Wenn der Füllstandsschalter im Abteil B angeschaltet wurde, wurde das Ventil R3 geschlossen und das Ventil R1 geöffnet, wodurch im Abteil A aufgenommene Verdrängungsspülung (die zweite Verdrängungsspülung) des Kessels 20 in das Bett 7 eingespeist wurde. Als dritte Verdrängungsspülung wurde im Auffangsammlerbehälter 2 aufgenommene Frische-spülung von der Unterseite her mit einer Rate von 20,05 m³/h/m³ (2,5 gpm/ft³) über eine Pumpe 5', ein Filter 3', ein Durchflussmessgerät 4' und Ventile S3 und C3 in das Bett 7 eingespeist. Unterdessen wurde das Eluat von der Oberseite des Betts 7 aus über die Ventile C5 und E1 entleert und wenn der Füllstandsschalter in der Beschickungskammer 11 angeschaltet wurde, d. h. das Volumen der Lösung in der Beschickungskammer entsprechend demjenigen der ersten Kationen-Regenerierungslösung zur Beschickungskammer verworfen wurde, wurde das Ventil E1 geschlossen und der Strom über das Ventil H1 zum ersten Säuretank 18 umgelenkt, wodurch das Eluat der zweiten Kationen-Regenerierungslösung in den ersten Säuretank 18 eingeleitet wurde. Wenn der Füllstandsschalter im Kessel 18 angeschaltet wurde, wurde das Ventil H1 geschlossen und das Ventil H2 geöffnet, wodurch das Eluat der ersten Verdrängungsspülung in den zweiten Säuretank 19 eingeleitet wurde, in dem die chemische Konzentration durch Zugeben von Säure aus dem Kessel 16 permanent auf ungefähr 8% eingestellt wurde. Wenn der Füllstandsschalter im Kessel 19 angeschaltet wurde, wurde das Ventil H2 geschlossen und das Ventil H3 geöffnet, wodurch das Eluat der zweiten Verdrängungsspülung in das Abteil B des Kessels 20 eingeleitet wurde. Das Eluat im Abteil B lief über zum Abteil A, wodurch das Eluat der dritten Verdrängungsspülung in das Abteil A eingebracht wurde. Auf dieselbe Art und Weise wurde das Anionen-Austauscherbett 8 mit starker Base regeneriert. Die Fließgeschwindigkeit betrug 10,03 m³/h/m³ (1,25 gpm/ft³). Die Lösung in den Beschickungskammern 11 und 28 wurde zum Verdampfervorratsbehälter 12 überführt, wo der pH-Wert der Lösung eingestellt und die Lösung konzentriert wurde.

[0089] Im Nachspülzyklus wurde Wasser mit einer Rate von 24,06 m³/h/m³ (3 gpm/ft³) für 10 Minuten über die Pumpe 5', das Filter 3', den Durchflussmesser 4', die Ventile S3 und C1, das Bett 7, das Ventil A1, das Bett 8, das Leitfähigkeitskontrollgerät 26 sowie die Ventile A9 und S7 in dem System zirkuliert. Die vom Leitfähigkeitskontrollgerät 26 gemessene Leitfähigkeit wurde von 1.000 µS·cm zu Beginn auf 2 µS·cm geändert. Dieser Wert zeigte, dass die Betten regeneriert wurden.

[0090] Während die Betten 7 und 8 im Regenerationszyklus waren, waren die Betten 13, 14 und 9 in Betrieb. Durch Vergleichen der Leitfähigkeit, die durch ein Leitfähigkeitskontrollgerät 30 gemessen wird, das die Endleitfähigkeit angibt, und ein Leitfähigkeitskontrollgerät 29, das die Leitfähigkeit vor dem Kationen-Austauscherbett 9 mit schwacher Säure angibt, konnte die Unterbrechungszeiteinstellung der Regenerierung des Kationen-Austauscherbetts 9 mit schwacher Säure bestimmt werden. Die Regenerierung der Kationen-Austauscherbetten 9 und 15 mit schwacher Säure wurde unabhängig davon durchgeführt, welches Paar der Betten (7 und 8 oder 13 und 14) in Betrieb war. Die Regenerierung des Kationen-Austauscherbetts 9 mit schwacher Säure beispielsweise wurde durchgeführt, wie folgt: Die Ventile W1 und W7 wurden geschlossen und die Ventile W2 und W8 geöffnet, um das Kationen-Austauscherbett 15 mit schwacher Säure in Betrieb zu setzen. Die

Ventile O3 und W9 wurden geöffnet, um das in dem Bett **9** verbliebene Prozesswasser zum Auffangsammler **2** herauszupressen. Der Regenerierungsprozess für das Bett **9** war grundsätzlich derselbe wie für das Bett **7**. Anstelle des Ventils H7 wurde ein Ventil H9 verwendet. Die Regenerierung erfolgte in einer Schleife über die Kessel **18/19/20**, die Pumpe **21**, das Ventil H9, das Bett **9** und ein Ventil W5. Das Nachspülen wurde unter Verwendung des laufenden Durchsatzes durch das Bett **15** hindurch ausgeführt, indem das Ventil W1 für eine festgelegte Zeitspanne geöffnet wurde, die zum Ausspülen des verbliebenen Regenerierungsmittels aus dem Bett **9** ausreichte. Die Spülung fließt durch das Bett **9**, die Ventile W9 und S8. Auf dieselbe Art und Weise wurde das Kationen-Austauscherbett **15** mit schwacher Säure der Regenerierung unterzogen. Die Ventile W2, W4, W6, W8, W0, O4 und H8 entsprechen W1, W3, W5, W7, W9, O3 bzw. H9.

[0091] Schließlich betrug das Volumen des Abfalls, der dem Ausdampfen unterzogen wurde, 283,91 L (75 Gallonen), was äquivalent zu 1 BV war. Im Vergleich zu herkömmlichen Systemen wurde dieser Wert als 92%ige Reduktion beurteilt. Im Obenstehenden wurde das Kornkohlenbett **6** über die Pumpe **5'**, das Filter **3'**, den Durchflussmesser **4'**, die Ventile S1 und G2, das Bett **6**, das Ventil G3 und den Auffangsammler **2** getrennt mit Spülung gewaschen. Wenn das Kationen-Austauscherbett **13** mit starker Säure und das Anionen-Austauscherbett **14** mit starker Base erschöpft waren, wurde die Regenerierung auf dieselbe Art und Weise wie oben durchgeführt, wobei die den Betten **13** und **14** zugeordneten Ventile den mit den Betten **7** und **8** verbundenen Ventilen entsprechen, wie folgt: O2/O1, O4/O3, S4/S3, G6/G5, C2/C1, C4/C3, C6/C5, A2/A1, A4/A3, A6/A5, A8/A7, A0/A9 und H6/H7.

AUSFÜHRUNGSFORMEN 4 – 8: Andere Regenerierungssysteme

[0092] [Fig. 4](#) – [Fig. 8](#) zeigen Ausführungsformen 4 – 8 der vorliegenden Erfindung. [Fig. 4](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gegenstrom-Aufwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kornkohlenbett, ein Paar Kationen-Austauscherbetten mit starker Säure und ein Paar Anionen-Austauscherbetten mit starker Base in Reihe angeordnet sind, wobei jeweils eines der paarweisen Betten in Betrieb ist und das andere im Regenerierungsprozess ist. [Fig. 5](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gegenstrom-Aufwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kornkohlenbett, ein Kationen-Austauscherbett und ein Anionen-Austauscherbett in Reihe angeordnet sind. [Fig. 6](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gegenstrom-Aufwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kornkohlenbett, ein Kationen-Austauscherbett mit starker Säure, ein Anionen-Austauscherbett mit starker Base und ein Kationen-Austauscherbett mit schwacher Säure in Reihe angeordnet sind. Im Obenstehenden kann die Operation von Regenerierungszyklen auf ähnliche Weise ausgeführt werden wie in den Ausführungsformen 1 – 3. [Fig. 7](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gegenstrom-Abwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kornkohlenbett, ein Kationen-Austauscherbett und ein Anionen-Austauscherbett in Reihe angeordnet sind. Diese Ausführungsform ist funktionsgemäß dieselbe wie in Ausführungsform 2 ([Fig. 2](#)), obwohl die Rohrleitung etwas anders ist. Der Betriebszyklus wird über das Ventil C3, das Bett **7**, die Ventile C5, C5A und A3, das Bett **8** sowie die Ventile A5 und A7 ausgeführt. Die Regenerierung des Betts **7** erfolgt über das Ventil H7, das Bett **7** und ein Ventil C5B, nachdem das eingeleitete Regenerierungsmittel das in dem Bett **7** verbliebene Rückwaschwasser über ein Ventil C5C zurück zum Auffangsammler **2** drückt (d. h. nach ein paar Minuten). Die Ventile A5B und A5C entsprechen den Ventilen C5B und C5C. [Fig. 8](#) ist eine schematische Ansicht, die eine Ausführungsform der Gleichstrom-Abwärtsströmungsregenerierung der vorliegenden Erfindung zeigt, in der ein Kornkohlenbett, ein Kationen-Austauscherbett und ein Anionen-Austauscherbett in Reihe angeordnet sind. Bei der obigen Gleichstrom-Abwärtsströmungsregenerierung wird zur Regenerierung des Kationen-Austauscherbetts **7** die Lösung nach dem Rückwaschen über das Ventil C5C aus dem Bett **7** heraus zum Auffangsammler **2** gepresst, während das Ventil C5C für ein paar Minuten offen ist, indem das Regenerierungsmittel über das Ventil H7 in das Bett **7** eingeleitet wird. Der aus dem Bett **7** herauskommende Strom wird zwischen dem Ventil C5A und dem Ventil C5B umgeschaltet. Die Regenerierung des Anionen-Austauscherbetts **8** wird auf dieselbe Art und Weise ausgeführt wie beim Kationen-Austauscherbett **7**, wobei die Ventile A5B und A5C den Ventilen C5B und C5C entsprechen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser, das in einem Ionenaustausch-Regenerierungssystem generiert wird, welches ein mit Kationen-Austauscherharz gefülltes Kationen-Austauscherbett und ein mit Anionen-Austauscherharz gefülltes Anionen-Austauscherbett umfasst, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:
 - (a) Rückwaschen und Regenerieren des Kationen-Austauscherbetts durch Einbringen eines ersten Quantums einer Kationen-Regenerierungsmittellösung, bestehend aus mehreren von 1 bis n nummerierten Teilen, wobei

n eine ganze Zahl >1 ist, in Aufwärts-Strömungsrichtung mit einer Geschwindigkeit, die ausreicht, das in dem Bett aufgenommene Harz umzuordnen und das Harz zu regenerieren;

(b) Weiterregenerieren des Kationen-Austauscherbets durch Einbringen der verbliebenen Teile der Kationen-Regenerierungsmittellösung in Folge in Aufwärts-Strömungsrichtung, wobei das Eluat des ersten Quants der Kationen-Regenerierungsmittellösung aus dem Kationen-Austauscherbett herausgepresst und vom Regenerationszyklus separiert wird;

(c) Aufheben des Eluats jedes Quants außer des ersten Quants der Kationen-Regenerierungsmittellösung zur Verwendung als Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung im nachfolgenden Zyklus, wobei das Quantum Nr. m aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. m-1 (m minus eins) verwendet zu werden, wobei $2 \leq m \leq n$;

(d) Verdrängen der in dem Kationen-Austauscherbett vorhandenen Kationen-Regenerierungsmittellösung durch Einbringen einer Verdrängungsspülung, bestehend aus mehreren von 1 bis q nummerierten Teilen, wobei q eine ganze Zahl >1 ist und das Quantum Nr. q durch Frischespülen bereitgestellt wird, in Folge in Aufwärts-Strömungsrichtung; Aufheben des Eluats des ersten Quants der Verdrängungsspülung zur Verwendung als letztes Quantum des Kationen-Regenerierungsmittels im nachfolgenden Zyklus, wobei die Konzentration des letzten Quants der Kationen-Regenerierungsmittellösung eingestellt wird; und Aufheben des Eluats jedes der verbliebenen Teile der Verdrängungsspülung zur Verwendung als Verdrängungsspülungsquantum im nachfolgenden Zyklus, wobei das Quantum Nr. p aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. p-1 (p minus 1) verwendet zu werden, wobei $2 \leq p \leq q$;

(e) Rückwaschen und Regenerieren des Anionen-Austauscherbets durch Einbringen eines ersten Quants einer Anionen-Regenerierungsmittellösung, bestehend aus mehreren von 1 bis n' nummerierten Teilen, wobei n' eine ganze Zahl >1 ist, in Aufwärts-Strömungsrichtung mit einer Geschwindigkeit, die ausreicht, das in dem Bett aufgenommene Harz umzuordnen und das Harz zu regenerieren;

(f) Weiterregenerieren des Anionen-Austauscherbets durch Einbringen der verbliebenen Teile der Anionen-Regenerierungsmittellösung in Folge in Aufwärts-Strömungsrichtung, wobei das Eluat des ersten Quants der Anionen-Regenerierungsmittellösung aus dem Anionen-Austauscherbett herausgepresst und vom Regenerationszyklus separiert wird;

(g) Aufheben des Eluats jedes Quants der Anionen-Regenerierungsmittellösung zur Verwendung als Quantum der Anionen-Regenerierungsmittellösung im nachfolgenden Zyklus, wobei das Quantum Nr. m' aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. m'-1 (m' minus eins) verwendet zu werden, wobei $2 \leq m' \leq n'$;

(h) Verdrängen der in dem Anionen-Austauscherbett vorhandenen Anionen-Regenerierungsmittellösung durch Einbringen einer Verdrängungsspülung, bestehend aus mehreren von 1 bis q' nummerierten Teilen, wobei q' eine ganze Zahl >1 ist und das Quantum Nr. q' durch Frischespülen bereitgestellt wird, in Folge in Aufwärts-Strömungsrichtung; Aufheben des Eluats des ersten Quants der Verdrängungsspülung zur Verwendung als letztes Quantum des Anionen-Regenerierungsmittels im nachfolgenden Zyklus, wobei die Konzentration des letzten Quants der Anionen-Regenerierungsmittellösung eingestellt wird; und Aufheben des Eluats jedes der verbliebenen Teile der Verdrängungsspülung zur Verwendung als Verdrängungsspülungsquantum im nachfolgenden Zyklus, wobei das Quantum Nr. p' aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. p'-1 (p' minus 1) verwendet zu werden, wobei $2 \leq p' \leq q'$;

(i) Zirkulieren eines Nachspülers durch das Kationen-Austauscherbett und das Anionen-Austauscherbett der Reihe nach in Abwärts-Strömungsrichtung, wobei das Kationen-Austauscherbett stromaufwärts und das Anionen-Austauscherbett stromabwärts platziert ist; und

(j) Rezirkulieren des Nachspülers, bis die Spülqualität des Ausflusses aus dem Kationen- oder dem Anionen-Austauscherbett einen vorbestimmten Grenzwert erreicht.

2. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser gemäß Anspruch 1, worin die Schritte (a) bis einschließlich (d) gleichzeitig mit den Schritten (e) bis einschließlich (h) durchgeführt werden.

3. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser gemäß Anspruch 1, das ferner vor jedem der Schritte (a) und (e) ein Ausspülen des während des Betriebszyklus in dem System verbleibenden Wassers in Abwärtsrichtung mit Luft umfasst.

4. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser gemäß Anspruch 1, worin das Ionenaustausch-Regenerierungssystem ferner eine Filtervorrichtung umfasst, um Fremdbestandteile vor dem Regenerationszyklus aus dem Durchsatz herauszufiltern.

5. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser gemäß Anspruch 1, worin das Ionenaustausch-Regenerierungssystem ferner ein Bett umfasst, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus:

- einem dem Kationen-Austauscherbett vorangehenden metallselektiven Harzbett;
- einem dem Anionen-Austauscherbett folgenden Polierbett des Mischbetttyps;
- einem dem Anionen-Austauscherbett vorangehenden Anionen-Austauscherbett mit schwacher Base; und
- einem dem Anionen-Austauscherbett folgenden Kationen-Austauscherbett mit schwacher Säure, wobei den Schritten (a) bis (d) oder den Schritten (a) bis (h) entsprechende Schritte an dem Bett durchgeführt werden und in Schritt (m) der Nachspüler weiter durch das Bett zirkuliert wird.

6. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser gemäß Anspruch 5, worin das Ionenaustausch-Regenerierungssystem ferner eine Vielzahl von den Betten umfasst, und wobei in Schritt (m) der Nachspüler der Reihe nach durch die Betten zirkuliert wird.

7. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser gemäß Anspruch 1, wobei in Schritt (a) und (b), in Schritt (e) und (f) sowie in Schritt (d) und (h) die Einleitung der Kationen-Regenerierungsmittellösung, der Anionen-Regenerierungsmittellösung bzw. der Verdrängungsspülung durch Impulsstrom ausgeführt wird.

8. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser gemäß Anspruch 1, wobei in Schritt (b) das Volumen des Eluats des ersten Quantum ungefähr gleich dem des Kationen-Austauscherbetts ist und in Schritt (f) das Volumen des Eluats des ersten Quantum ungefähr gleich dem des Anionen-Austauscherbetts ist.

9. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser gemäß Anspruch 1, wobei in Schritt (c) das Volumen des Eluats des ersten Quantum ungefähr gleich dem des Kationen-Austauscherbetts ist und in Schritt (g) das Volumen des Eluats des ersten Quantum ungefähr gleich dem des Anionen-Austauscherbetts ist.

10. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser, das in einem Ionenaustausch-Regenerierungssystem generiert wird, welches ein Kationen-Austauscherbett umfasst, das Kationen-Austauscherharz beherbergt, und ein Anionen-Austauscherbett umfasst, das Anionen-Austauscherharz beherbergt, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

(a) Rückwaschen des Kationen- und des Anionen-Austauscherbetts durch Zirkulieren von Rückwaschspüler durch das Kationen- und das Anionen-Austauscherbett der Reihe nach in Aufwärts-Strömungsrichtung und Rezirkulieren des Rückwaschspülers;

(b) Regenerieren des Kationen-Austauscherbetts durch Einbringen eines ersten Quantum einer Kationen-Regenerierungsmittellösung, bestehend aus mehreren von 1 bis n nummerierten Teilen, wobei n ein ganze Zahl >1 ist, in Abwärts-Strömungsrichtung ausgehend von einem oberen Teil des darin aufgenommenen Harzes, wobei der in dem Kationen-Austauscherbett verbleibende Rückwaschspüler daraus herausgepresst wird;

(c) Weiterregenerieren des Kationen-Austauscherbetts durch Einbringen der verbliebenen Teile der Kationen-Regenerierungsmittellösung in Folge in Abwärts-Strömungsrichtung, wobei das Eluat des ersten Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung aus dem Bett herausgepresst und vom Regenerationszyklus separiert wird;

(d) Aufheben jedes Quantum außer dem ersten Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung zur Verwendung als Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung im nachfolgenden Zyklus, wobei das Quantum Nr. m aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. m-1 (m minus eins) verwendet zu werden, wobei $2 \leq m \leq n$;

(e) Verdrängen der in dem Kationen-Austauscherbett vorhandenen Kationen-Regenerierungsmittellösung durch Einbringen einer Verdrängungsspülung, bestehend aus mehreren von 1 bis q nummerierten Teilen, wobei q eine ganze Zahl >1 ist und das Quantum Nr. q durch Frischespülen bereitgestellt wird, in Folge in Abwärts-Strömungsrichtung; Aufheben des Eluats des ersten Quantum der Verdrängungsspülung zur Verwendung als letztes Quantum des Kationen-Regenerierungsmittels im nachfolgenden Zyklus, wobei die Konzentration des letzten Quantum der Kationen-Regenerierungsmittellösung eingestellt wird; und Aufheben des Eluats jedes der verbliebenen Teile der Verdrängungsspülung zur Verwendung als Verdrängungsspülungsquantum im nachfolgenden Zyklus, wobei das Quantum Nr. p aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. p-1 (p minus 1) verwendet zu werden, wobei $2 \leq p \leq q$;

(f) Regenerieren des Anionen-Austauscherbetts durch Einbringen eines ersten Quantum einer Anionen-Regenerierungsmittellösung, bestehend aus mehreren von 1 bis n' nummerierten Teilen, wobei n' ein ganze Zahl >1 ist, ausgehend von einem oberen Teil des darin aufgenommenen Harzes in Abwärts-Strömungsrichtung, wobei der in dem Anionen-Austauscherbett verbliebene Rückwaschspüler daraus herausgepresst wird;

(g) Weiterregenerieren des Anionen-Austauscherbetts durch Einbringen der verbliebenen Teile der Anionen-Regenerierungsmittellösung in Folge in Abwärts-Strömungsrichtung, wobei das Eluat des ersten Quantum der Anionen-Regenerierungsmittellösung aus dem Bett herausgepresst und vom Regenerationszyklus separiert wird;

(h) Aufheben jedes Quantum der Anionen-Regenerierungsmittellösung zur Verwendung als Quantum der An-

ionen-Regenerierungsmittellösung im nachfolgenden Zyklus, wobei das Quantum Nr. m' aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. $m'-1$ (m' minus eins) verwendet zu werden, wobei $2 \leq m' \leq n'$;

(i) Verdrängen der in dem Anionen-Austauscherbett vorhandenen Anionen-Regenerierungsmittellösung durch Einbringen einer Verdrängungsspülung, bestehend aus mehreren von 1 bis q' nummerierten Teilen, wobei q' eine ganze Zahl >1 ist und das Quantum Nr. q' durch Frischespülen bereitgestellt wird, in Folge in Abwärts-Strömungsrichtung; Aufheben des Eluats des ersten Quantums der Verdrängungsspülung zur Verwendung als letztes Quantum des Anionen-Regenerierungsmittels im nachfolgenden Zyklus, wobei die Konzentration des letzten Quantums der Anionen-Regenerierungsmittellösung eingestellt wird; und Aufheben des Eluats jedes der verbliebenen Teile der Verdrängungsspülung zur Verwendung als Verdrängungsspülungsquantum im nachfolgenden Zyklus, wobei das Quantum Nr. p' aufgehoben wird, um im nachfolgenden Zyklus als Quantum Nr. $p'-1$ (p' minus 1) verwendet zu werden, wobei $2 \leq p' \leq q'$;

(j) Zirkulieren eines Nachspülers durch das Kationen-Austauscherbett und das Anionen-Austauscherbett der Reihe nach in Abwärts-Strömungsrichtung, wobei das Kationen-Austauscherbett stromaufwärts und das Anionen-Austauscherbett stromabwärts platziert ist; und

(k) Rezirkulieren des Nachspülers, bis die Spülqualität des Ausflusses aus dem Kationen- oder dem Anionen-Austauscherbett einen vorbestimmten Grenzwert erreicht.

11. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser gemäß Anspruch 10, worin die Schritte (b) bis (e) gleichzeitig mit den Schritten (f) bis (i) durchgeführt werden.

12. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser gemäß Anspruch 10, worin das Ionenaustausch-Regenerierungssystem ferner eine Filtrierzvorrichtung umfasst, um Fremdbestandteile vor dem Regenerationszyklus aus dem Durchsatz herauszufiltern.

13. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser gemäß Anspruch 10, wobei in Schritt (b) und (f) das separierte Rückwascheluat aufgehoben wird, um als Teil des Nachspülers verwendet zu werden.

14. Verfahren zur Minimierung von anfallendem Abwasser gemäß Anspruch 10, worin das Ionenaustausch-Regenerierungssystem ferner eines oder mehr der folgenden Betten umfasst:

- ein dem Kationen-Austauscherbett vorangehendes metallselektives Harzbett;
- ein dem Anionen-Austauscherbett folgendes Polierbett des Mischbetttyps;
- ein dem Anionen-Austauscherbett vorangehendes Anionen-Austauscherbett mit schwacher Base; und
- ein dem Anionen-Austauscherbett folgendes Kationen-Austauscherbett mit schwacher Säure, und

worin die den Schritten (b) bis (f) oder den Schritten (f) bis (i) entsprechenden Schritte auf dem einen oder mehr Betten durchgeführt werden und in Schritt (j) der Nachspüler weiter durch das eine oder mehr Betten in Folge zirkuliert wird.

15. Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem umfassend:

(a) ein mit Kationen-Austauscherharz gefülltes Kationen-Austauscherbett;

(b) ein mit Anionen-Austauscherharz gefülltes Anionen-Austauscherbett, wobei das Anionen-Austauscherbett in Reihe mit dem Kationen-Austauscherbett platziert ist;

(c) einen Auffangsammler zum Speichern von in der Vorrichtung in Umlauf zu bringendem Wasser oder Spülmittel, wobei der Auffangsammler mit dem Kationen-Austauscherbett und dem Anionen-Austauscherbett in Verbindung steht und wahlweise mit einer den Auffangsammler umgehenden Umgehungsleitung versehen ist, so dass das Wasser oder Spülmittel in einer Schleife über den Auffangsammler oder die Umgehungsleitung zirkuliert werden kann;

(d) mehrere Kessel zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung, wobei die Kessel in einer Reihe platziert und von 1 bis n nummeriert sind, wobei n eine ganze Zahl >1 ist, und zumindest der Kessel Nr. n mit einem chemischen Injektor versehen ist, wobei jeder Kessel mittels einer gemeinsamen Leitung mit dem Kationen-Austauscherbett in Verbindung steht, so dass die Kationen-Regenerierungsmittellösung in einer Schleife zirkuliert werden kann;

(e) mehrere Kessel zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung, wobei die Kessel in einer Reihe platziert und von 1 bis n nummeriert sind, wobei n eine ganze Zahl >1 ist, und zumindest einer davon mit einem chemischen Injektor versehen ist, wobei jeder Kessel mittels einer gemeinsamen Leitung mit dem Anionen-Austauscherbett in Verbindung steht, so dass die Anionen-Regenerierungsmittellösung in einer Schleife zirkuliert werden kann;

(f) zumindest einen Kessel zum Speichern von Kationen-Verdrängungsspülung und eine Frischespülungsquelle, wobei der zumindest eine Kessel parallel zu den Kesseln zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung ist und in die von den Kesseln zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung und dem Kationen-Austauscherbett gebildete Schleife integriert ist, wobei der zumindest eine Kessel und die Frische-

spülungsquelle an die Unterseite des Kationen-Austauscherbetts angeschlossen und von 1 bis q nummeriert sind, wobei die Frischespülungsquelle mit q nummeriert ist, welches eine ganze Zahl >1 ist;

(g) zumindest einen Kessel zum Speichern von Anionen-Verdrängungsspülung und eine Frischespülungsquelle, wobei der zumindest eine Kessel parallel zu den Kesseln zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittelösung ist und in die von den Kesseln zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittelösung und dem Anionen-Austauscherbett gebildete Schleife integriert ist, wobei der zumindest eine Kessel und die Frischespülungsquelle an die Unterseite des Anionen-Austauscherbetts angeschlossen und von 1 bis q nummeriert sind, wobei die Frischespülungsquelle mit q nummeriert ist, welches eine ganze Zahl >1 ist;

(h) eine zum Anschluss an ein Fremdsystem geeignete Beschickungskammer, wobei die Beschickungskammer stromabwärts von dem Kationen-Austauscherbett in der von den Kesseln zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittelösung und dem Kationen-Austauscherbett gebildeten Schleife platziert ist;

(i) eine zum Anschluss an ein Fremdsystem geeignete Beschickungskammer, wobei die Beschickungskammer stromabwärts von dem Anionen-Austauscherbett in der von den Kesseln zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittelösung und dem Anionen-Austauscherbett gebildeten Schleife platziert ist;

(j) ein Luftdurchspülungsgebläse, das mit der Oberseite des Kationen- und des Anionen-Austauscherbetts in Verbindung steht;

(k) ein Durchflussmengen-Regelungssystem zum Rückwaschen und Regenerieren, wobei das System zur Steuerung des Regenerationszyklus zu Folgendem in der Lage ist:

(i) Ausspülen der in dem Kationen-Austauscherbett vorhandenen Lösung mit Luft von dem Luftvorspülbelüfter;

(ii) Einleiten in Folge jedes Quantum der in Kessel Nr. 1 bis einschließlich n aufgenommenen Kationen-Regenerierungsmittelösung in das Kationen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung;

(iii) Verwerfen des Eluats aus dem Quantum von Kessel Nr. 1 in die Beschickungskammer und Verlagern des Eluats aus jedem Quantum von Kessel Nr. 2 bis einschließlich n zurück zu Kessel Nr. 1 bis einschließlich n-1 (n minus eins) um einen Kessel nach vorn verschoben;

(iv) Einleiten in Folge jedes Quantum der in Kessel Nr. 1 bis einschließlich Nr. q der Frischespülung aufgenommenen Kationen-Verdrängungsspülung in das Kationen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung;

(v) Verlagern des Eluats aus dem Quantum der in Kessel Nr. 1 aufgenommenen Verdrängungsspülung zurück zu Kessel Nr. n der Kationen-Regenerierungsmittelösung, wobei die Konzentration der Regenerierungsmittelchemikalie in der Kationen-Regenerierungsmittelösung unter Verwendung des chemischen Injektors eingestellt wird, und Verlagern des Eluats aus jedem Quantum von Nr. 2 bis einschließlich Nr. q der Frischespülung zurück zu Kessel Nr. 1 bis einschließlich Nr. q-1 (q minus eins) um eine Nummer in dem Zyklus nach vorn verschoben; und

(vi) Durchführen von den Schritten (i) bis (v) entsprechenden Schritten an dem Anionen-Austauscherbett; und

(l) ein Durchflussmengen-Regelungssystem zum Spülen, wobei das System imstande ist, den Spülzyklus solchermaßen zu steuern:

(vii) Zirkulieren des in dem Auffangsammelbehälter aufgenommenen Nachspülers durch das Kationen-Austauscherbett und das Anionen-Austauscherbett der Reihe nach in Abwärts-Strömungsrichtung.

16. Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem gemäß Anspruch 15, worin das Kationen-Austauscherbett stromaufwärts platziert ist und das Anionen-Austauscherbett stromabwärts platziert ist.

17. Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem gemäß Anspruch 15, das ferner eine Filtrvorrichtung umfasst, um Fremdbestandteile stromabwärts von dem Auffangsammelbehälter aus dem Durchsatz herauszufiltern.

18. Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem gemäß Anspruch 15, worin das Durchflussmengen-Regelungssystem (l) stromabwärts von dem Anionen-Austauscherbett ein Leitfähigkeitskontrollgerät zur Bestimmung der Unterbrechungszeiteinstellung der Nachspülung umfasst.

19. Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem gemäß Anspruch 15, das ferner stromaufwärts von dem Anionen-Austauscherbett ein Kornkohlenbett umfasst.

20. Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem gemäß Anspruch 15, das ferner eines oder mehr der folgenden Betten umfasst:

– ein dem Kationen-Austauscherbett vorangehendes metallselektives Harzbett;

– ein dem Anionen-Austauscherbett folgendes Polierbett des Mischbetttyps;

– ein dem Anionen-Austauscherbett vorangehendes Anionen-Austauscherbett mit schwacher Base; und

– ein dem Anionen-Austauscherbett folgendes Kationen-Austauscherbett mit schwacher Säure, und

worin das eine oder mehr Betten in die Vorrichtung integriert sind, so dass den Schritten (i) bis (vi) entsprechende Schritte durchgeführt werden können und in Schritt (vii) der Nachspüler weiter durch das eine oder

mehr Betten in Folge zirkuliert wird.

21. Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem umfassend:

- (a) ein mit Kationen-Austauscherharz gefülltes Kationen-Austauscherbett;
- (b) ein mit Anionen-Austauscherharz gefülltes Anionen-Austauscherbett, wobei das Anionen-Austauscherbett in Reihe mit dem Kationen-Austauscherbett platziert ist;
- (c) einen Auffangsammler zum Speichern von in der Vorrichtung in Umlauf zu bringendem Wasser oder Spülmittel, wobei der Auffangsammler mit dem Kationen-Austauscherbett und dem Anionen-Austauscherbett in Verbindung steht und wahlweise mit einer den Auffangsammler umgehenden Umgehungsleitung versehen ist, so dass das Wasser oder Spülmittel in einer Schleife über den Auffangsammler oder die Umgehungsleitung zirkuliert werden kann;
- (d) mehrere Kessel zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung, wobei die Kessel in einer Reihe platziert und von 1 bis n nummeriert sind, wobei n eine ganze Zahl >1 ist, und zumindest einer davon mit einem chemischen Injektor versehen ist, wobei jeder Kessel mittels einer gemeinsamen Leitung mit dem Kationen-Austauscherbett in Verbindung steht, so dass die Kationen-Regenerierungsmittellösung in einer Schleife zirkuliert werden kann;
- (e) mehrere Kessel zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung, wobei die Kessel in einer Reihe platziert und von 1 bis n nummeriert sind, wobei n eine ganze Zahl >1 ist, und zumindest einer davon mit einem chemischen Injektor versehen ist, wobei jeder Kessel mittels einer gemeinsamen Leitung mit dem Anionen-Austauscherbett in Verbindung steht, so dass die Anionen-Regenerierungsmittellösung in einer Schleife zirkuliert werden kann;
- (f) zumindest einen Kessel zum Speichern von Kationen-Verdrängungsspülung und eine Frischespülungsquelle, wobei der zumindest eine Kessel parallel zu den Kesseln zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung ist und in die von den Kesseln zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung und dem Kationen-Austauscherbett gebildete Schleife integriert ist, wobei der zumindest eine Kessel und die Frischespülungsquelle an die Unterseite des Kationen-Austauscherbetts angeschlossen und von 1 bis q nummeriert sind, wobei die Frischespülungsquelle mit q nummeriert ist, welches eine ganze Zahl >1 ist;
- (g) zumindest einen Kessel zum Speichern von Anionen-Verdrängungsspülung und eine Frischespülungsquelle, wobei der zumindest eine Kessel parallel zu den Kesseln zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung ist und in die von den Kesseln zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung und dem Anionen-Austauscherbett gebildete Schleife integriert ist, wobei der zumindest eine Kessel und die Frischespülungsquelle an die Unterseite des Anionen-Austauscherbetts angeschlossen und von 1 bis q nummeriert sind, wobei die Frischespülungsquelle mit q nummeriert ist, welches eine ganze Zahl >1 ist;
- (h) eine zum Anschluss an ein Fremdsystem geeignete Beschickungskammer, wobei die Beschickungskammer stromabwärts von dem Kationen-Austauscherbett in der von den Kesseln zum Speichern von Kationen-Regenerierungsmittellösung und dem Kationen-Austauscherbett gebildeten Schleife platziert ist;
- (i) eine zum Anschluss an ein Fremdsystem geeignete Beschickungskammer, wobei die Beschickungskammer stromabwärts von dem Anionen-Austauscherbett in der von den Kesseln zum Speichern von Anionen-Regenerierungsmittellösung und dem Anionen-Austauscherbett gebildeten Schleife platziert ist;
- (j) ein Durchflussmengen-Regelungssystem zum Rückwaschen und Regenerieren, wobei das System zur Steuerung des Regenerationszyklus zu Folgendem in der Lage ist:
 - (i) Zirkulieren von in dem Auffangsammler aufgenommenem Rückwaschspüler durch das Kationen- und das Anionen-Austauscherbett in Aufwärts-Strömungsrichtung;
 - (ii) Einleiten in Folge jedes Quantum der in Kessel Nr. 1 bis einschließlich n aufgenommenen Kationen-Regenerierungsmittellösung in das Kationen-Austauscherbett in Abwärts-Strömungsrichtung;
 - (iii) Verlagern des Eluats aus dem Quantum von Kessel Nr. 1 in den Auffangsammler, nachdem die in dem Kationen-Austauscherbett verbliebene Rückwaschspülung zu dem Auffangsammler zurückgedrängt ist, und Verlagern des Eluats aus jedem Quantum von Kessel Nr. 2 bis einschließlich n zurück zu Kessel Nr. 1 bis einschließlich n-1 (n minus eins) um einen Kessel nach vorn verschoben;
 - (iv) Einleiten in Folge jedes Quantum der in Kessel Nr. 1 bis einschließlich Nr. q der Frischespülung aufgenommenen Kationen-Verdrängungsspülung in das Kationen-Austauscherbett in Abwärts-Strömungsrichtung;
 - (v) Verlagern des Eluats aus dem Quantum der in Kessel Nr. 1 aufgenommenen Verdrängungsspülung zurück zu Kessel Nr. n der Kationen-Regenerierungsmittellösung, wobei die Konzentration der Regenerierungsmittelchemikalie in der Kationen-Regenerierungsmittellösung unter Verwendung des chemischen Injektors eingestellt wird, und Verlagern des Eluats aus jedem Quantum von Kessel Nr. 2 bis einschließlich Nr. q der Frischespülung zurück zu Kessel Nr. 1 bis einschließlich Nr. q-1 (q minus eins) um einen Kessel nach vorn verschoben;
 - (vi) Durchführen von den Schritten (i) bis (v) entsprechenden Schritten an dem Anionen-Austauscherbett; und
 - (k) ein Durchflussmengen-Regelungssystem zum Spülen, wobei das System imstande ist, den Spülzyklus solchermaßen zu steuern:
 - (vii) Zirkulieren des in dem Auffangsammler aufgenommenen Nachspülers durch das Kationen-Austau-

scherbett und das Anionen-Austauscherbett der Reihe nach in Abwärts-Strömungsrichtung.

22. Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem gemäß Anspruch 21, worin das Kationen-Austauscherbett (a) stromaufwärts platziert ist und das Anionen-Austauscherbett stromabwärts platziert ist.

23. Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem gemäß Anspruch 21, das ferner eine Filtervorrichtung umfasst, um Fremdbestandteile stromabwärts von dem Auffangsammlerbehälter aus dem Durchsatz herauszufiltern.

24. Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem gemäß Anspruch 21, worin das Durchflussmengen-Regelungssystem (k) stromabwärts von dem Anionen-Austauscherbett ein Leitfähigkeitskontrollgerät zur Bestimmung der Unterbrechungszeiteinstellung der Nachspülung umfasst.

25. Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem gemäß Anspruch 21, das ferner stromaufwärts von dem Anionen-Austauscherbett ein Kornkohlenbett umfasst.

26. Vorrichtung für ein Entionisierungs- und Regenerierungssystem gemäß Anspruch 21, das ferner eines oder mehr der folgenden Betten umfasst:

- ein dem Kationen-Austauscherbett vorangehendes metallselektives Harzbett;
- ein dem Anionen-Austauscherbett folgendes Polierbett des Mischbetttyps;
- ein dem Anionen-Austauscherbett vorangehendes Anionen-Austauscherbett mit schwacher Base; und
- ein dem Anionen-Austauscherbett folgendes Kationen-Austauscherbett mit schwacher Säure, und worin das eine oder mehr Betten in die Vorrichtung integriert sind, so dass den Schritten (ii) bis (vi) entsprechende Schritte durchgeführt werden können und in Schritt (vii) der Nachspüler weiter durch das eine oder mehr Betten in Folge zirkuliert wird.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

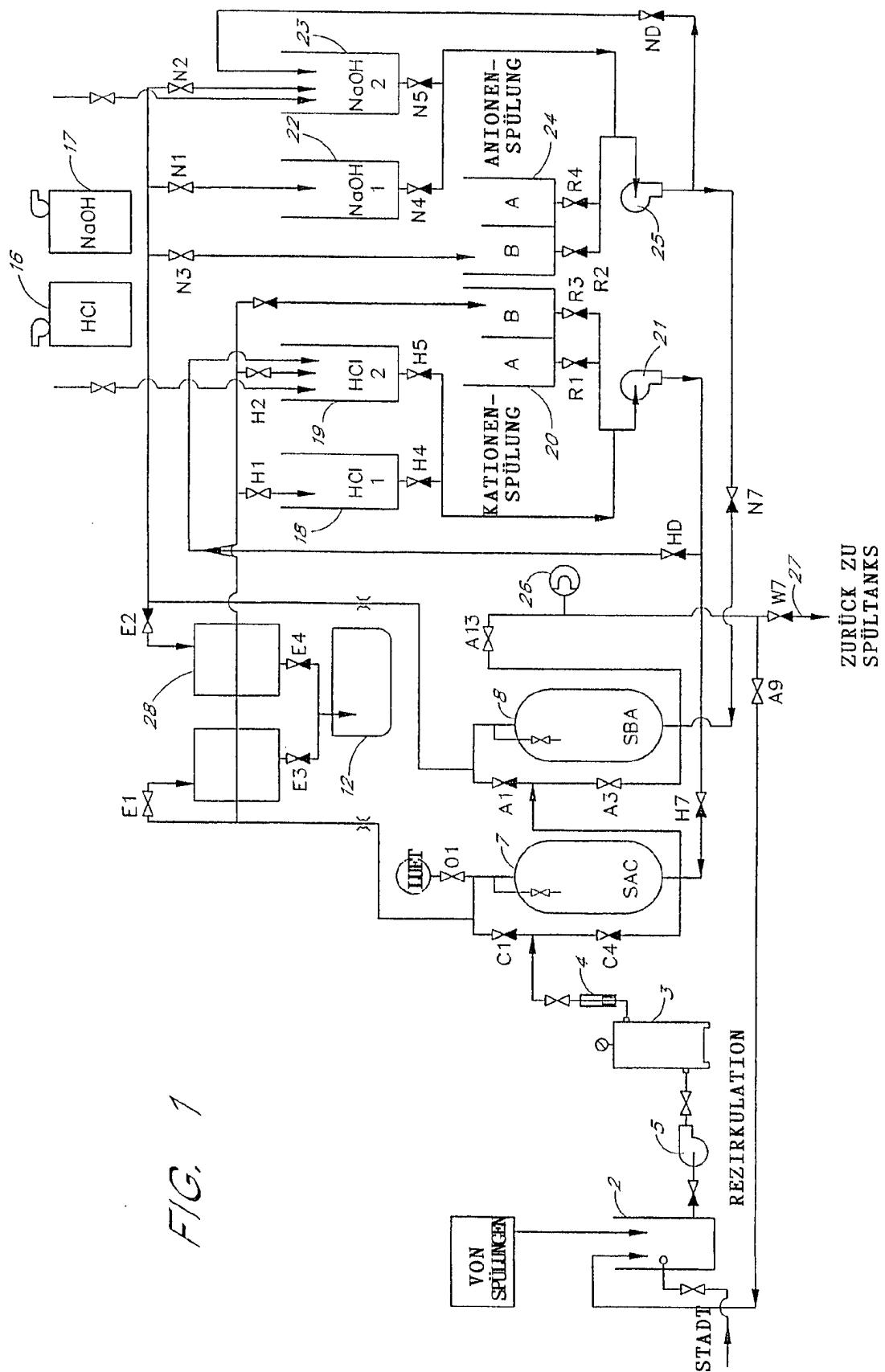


FIG. 2

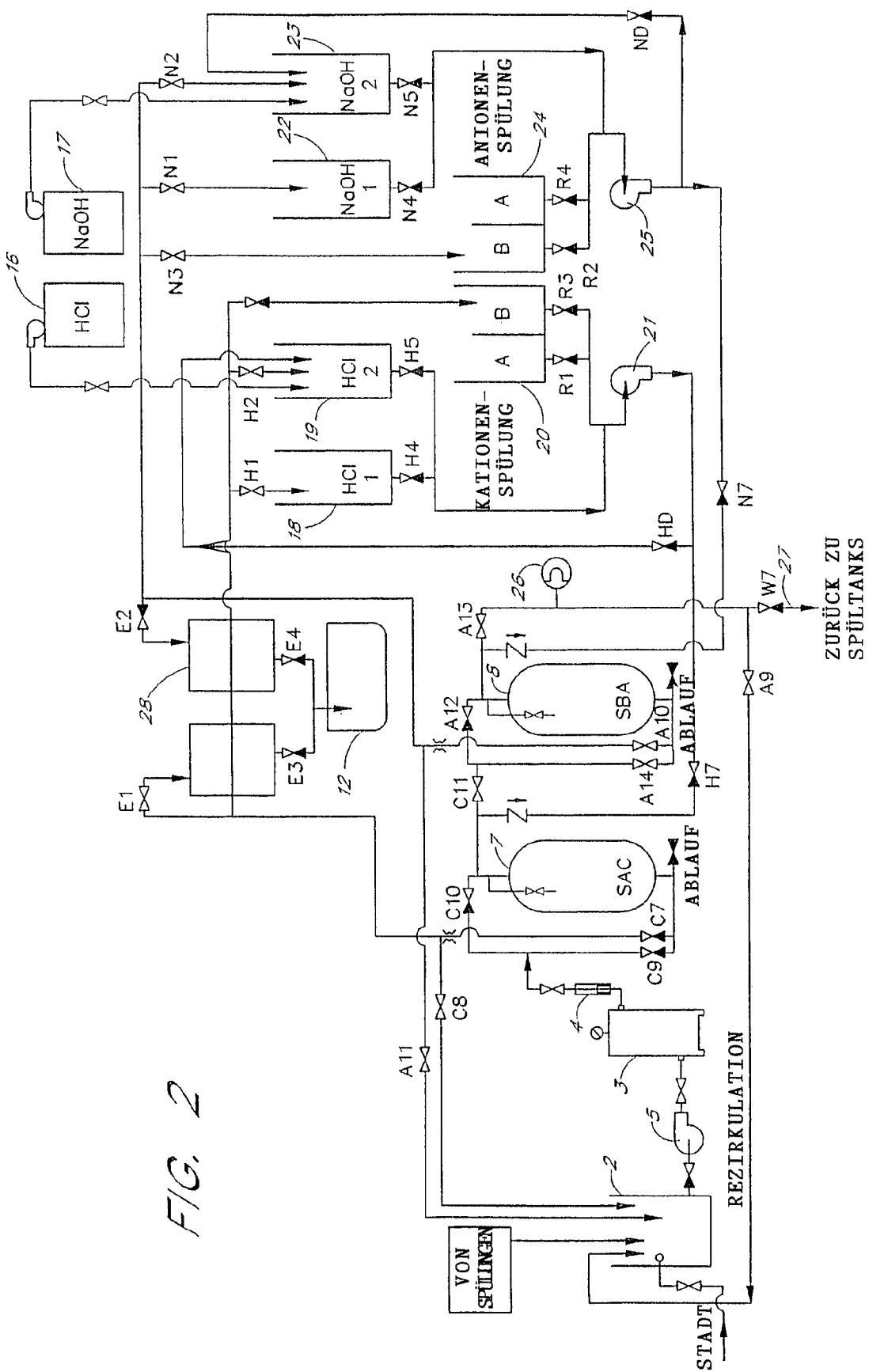


FIG. 3A | FIG. 3B | FIG. 3C

FIG. 3

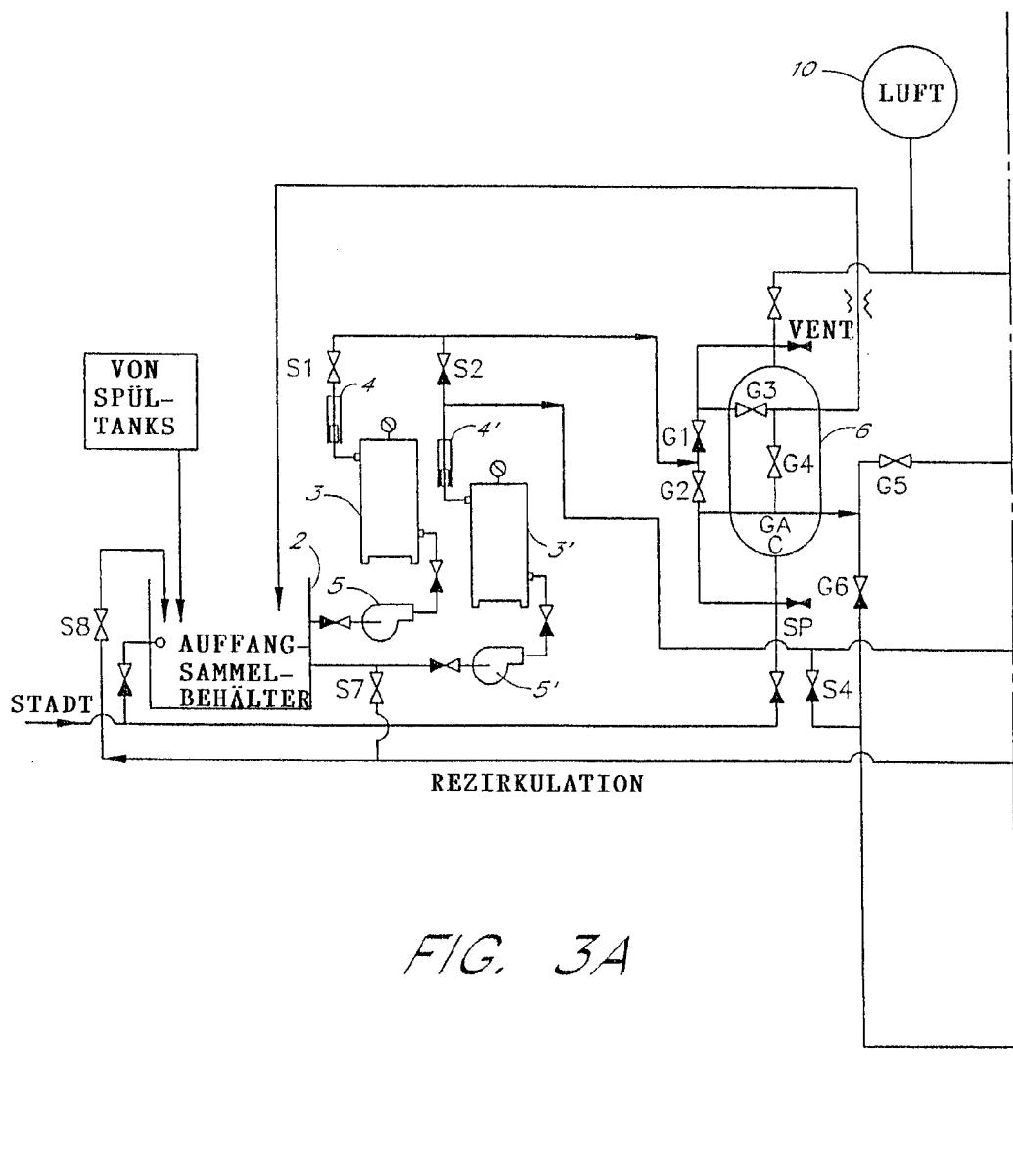
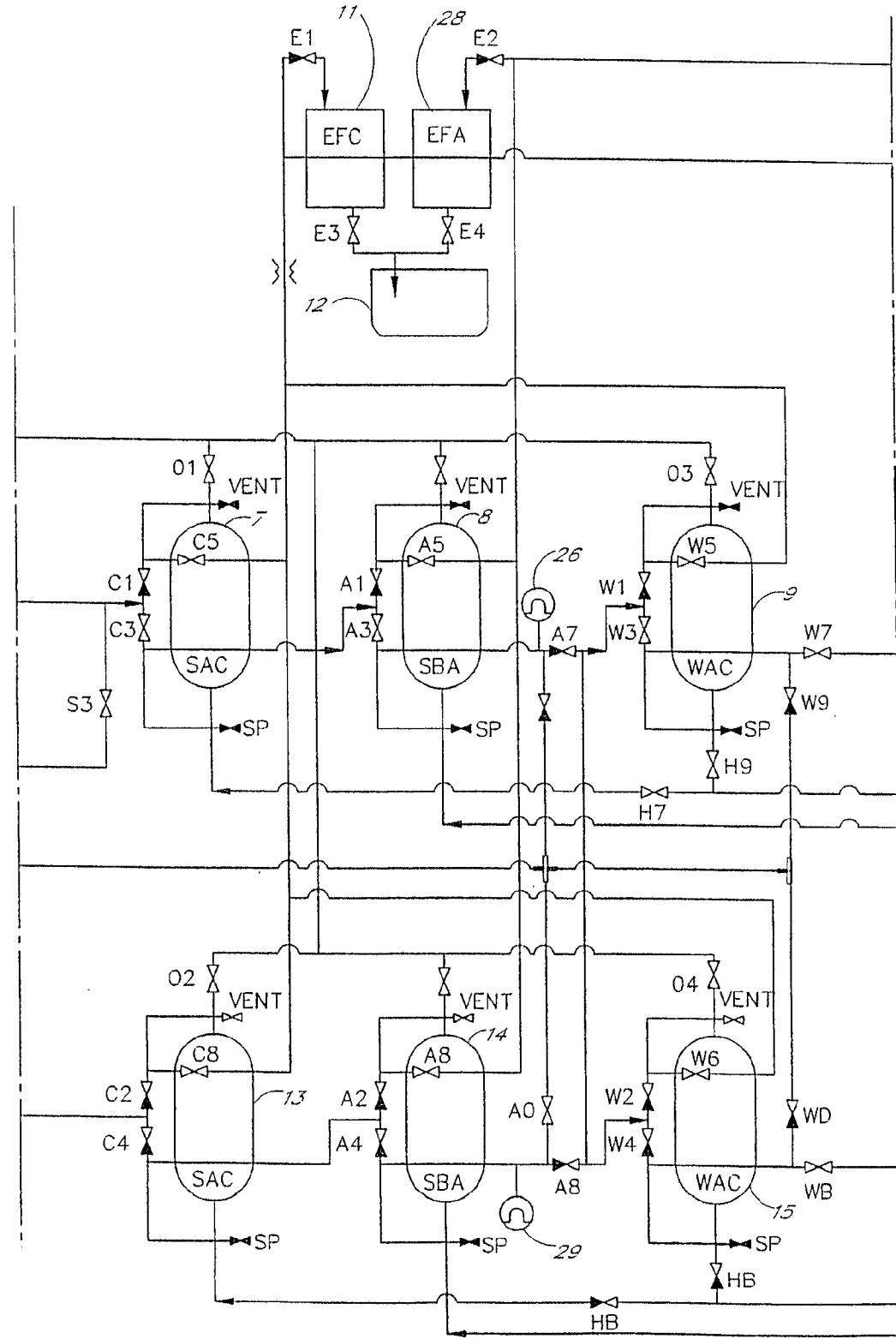


FIG. 3A

FIG. 3B



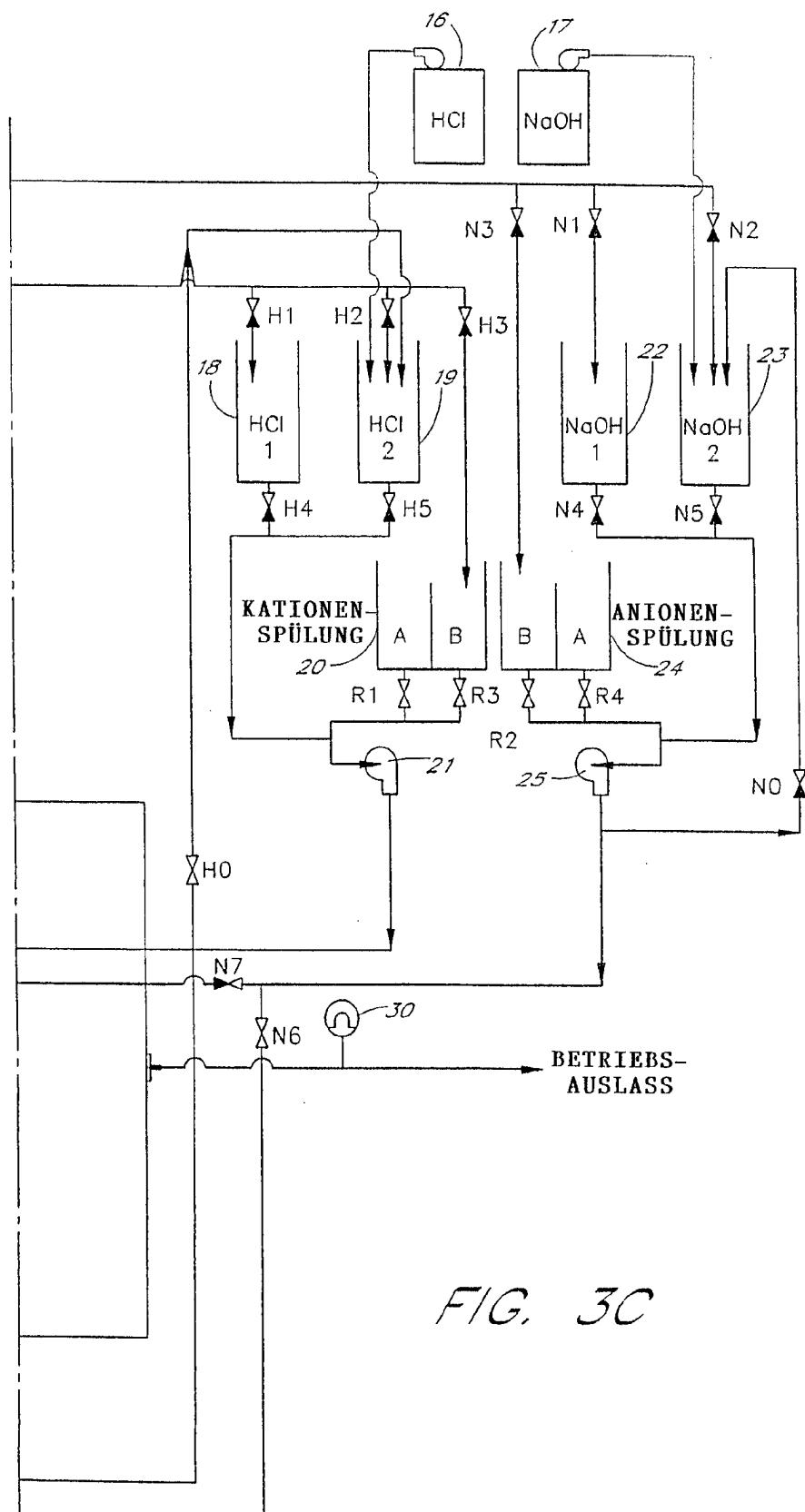


FIG. 3C

FIG. 4A FIG. 4B FIG. 4C

FIG. 4

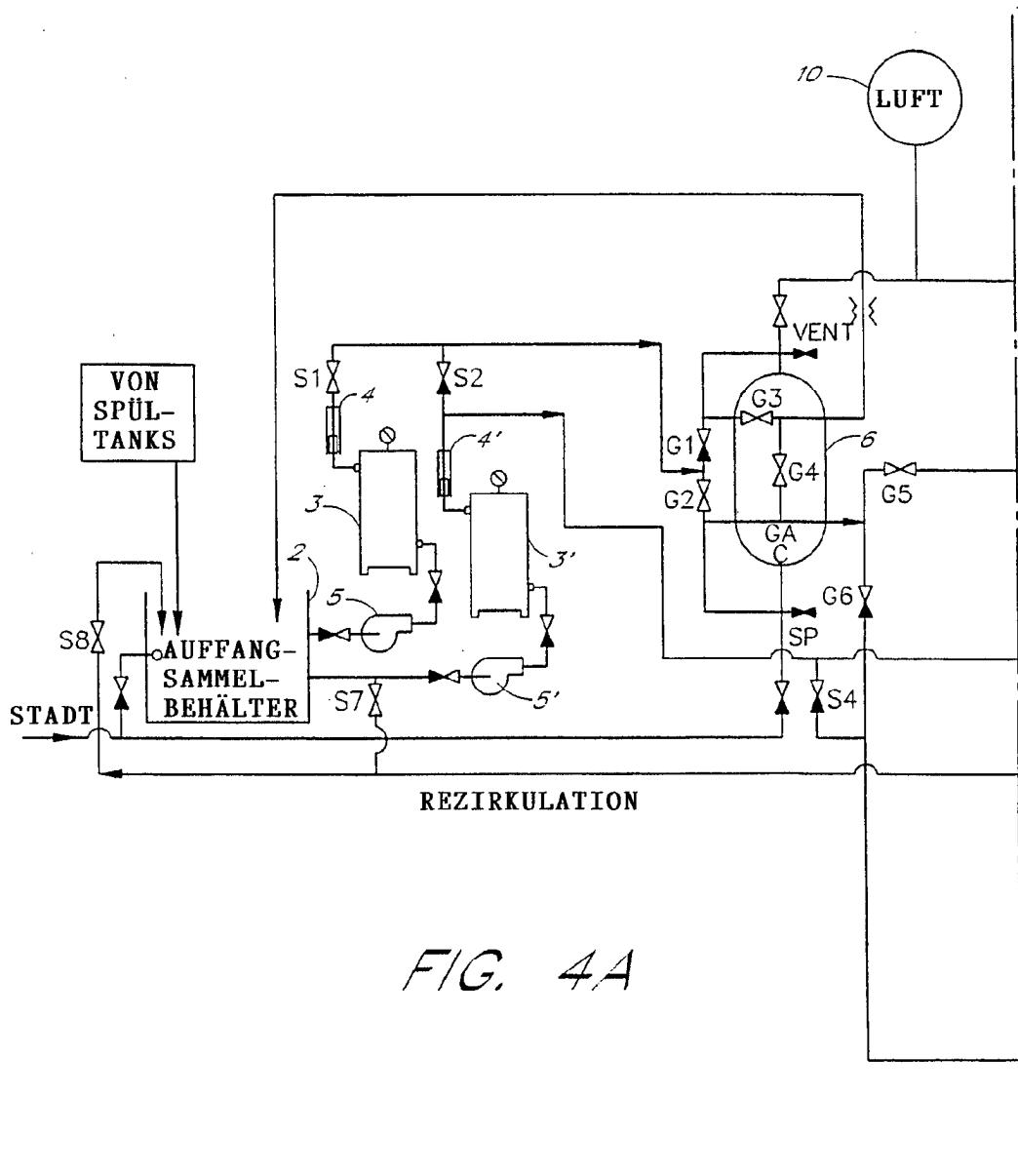
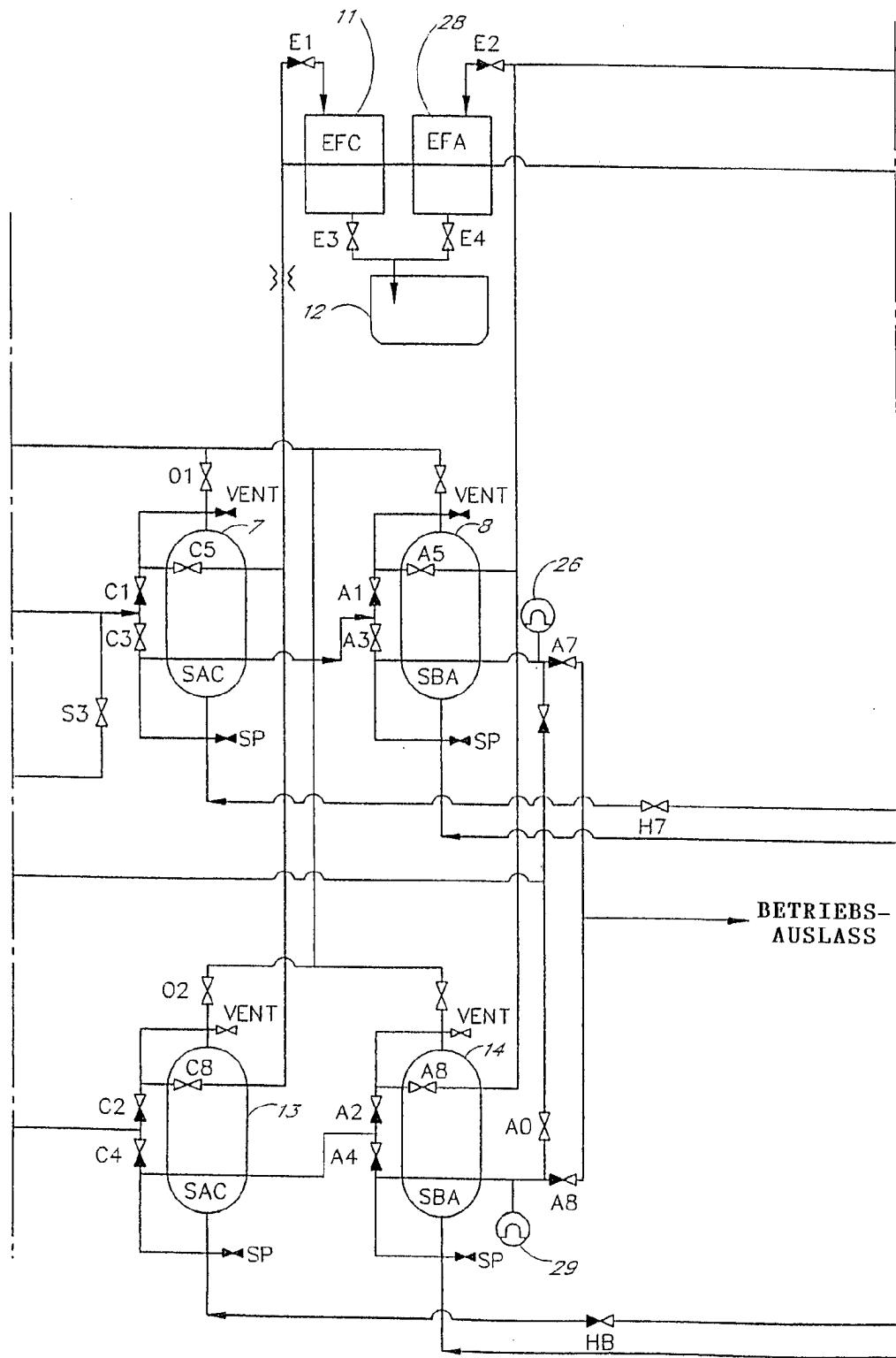
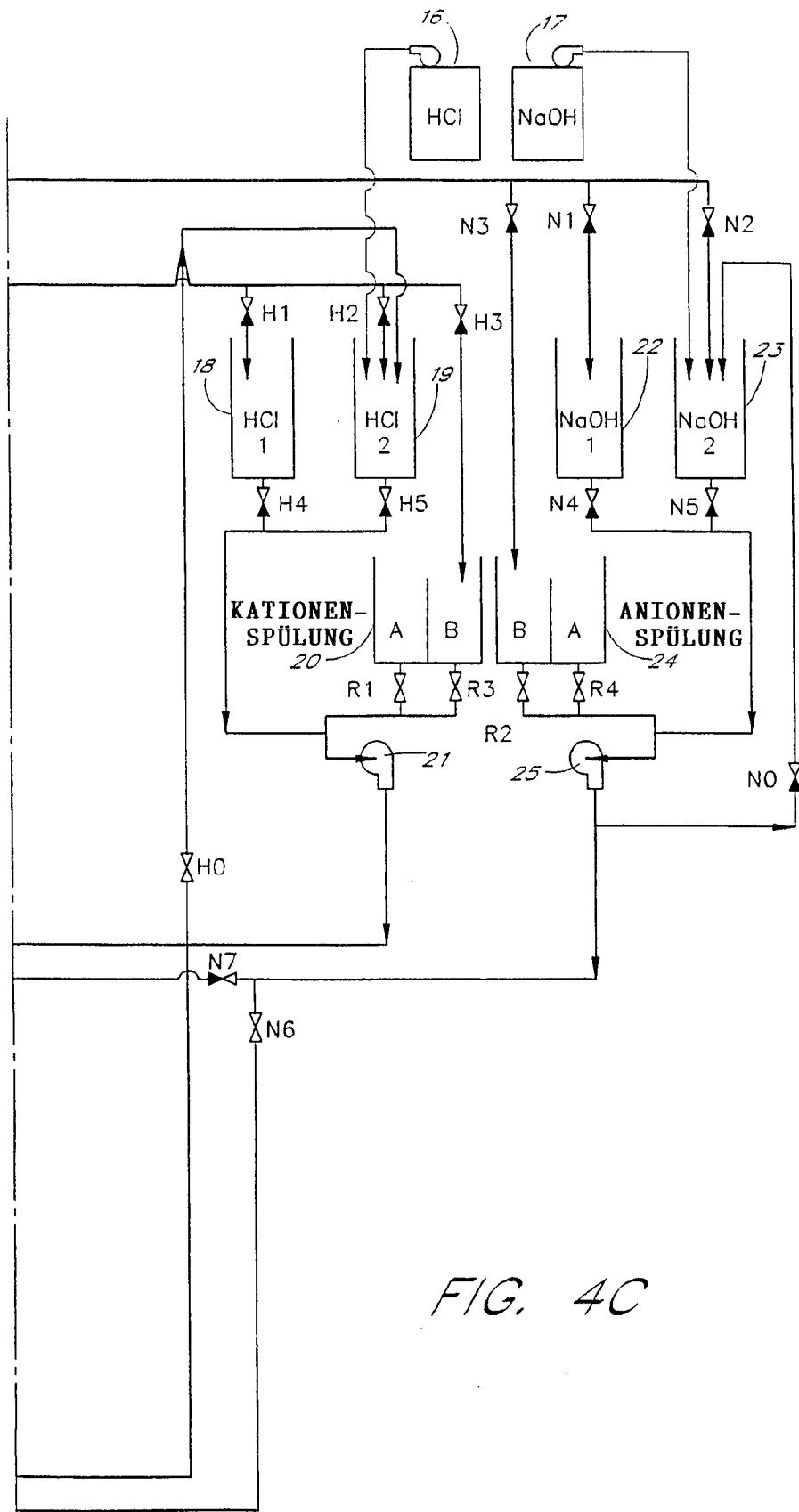


FIG. 4B





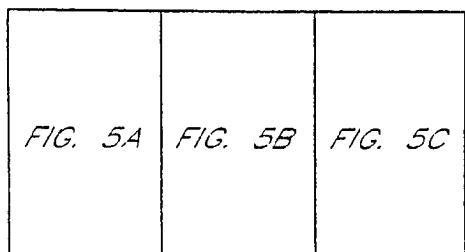


FIG. 5

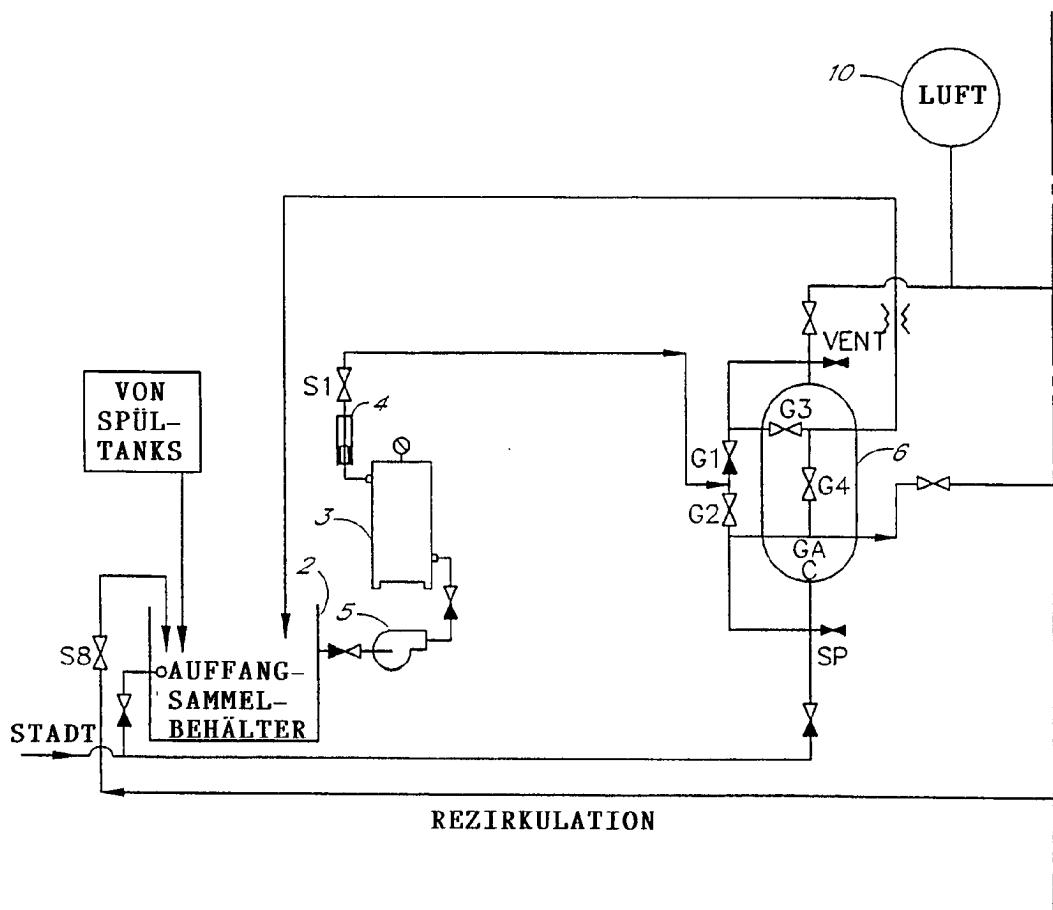
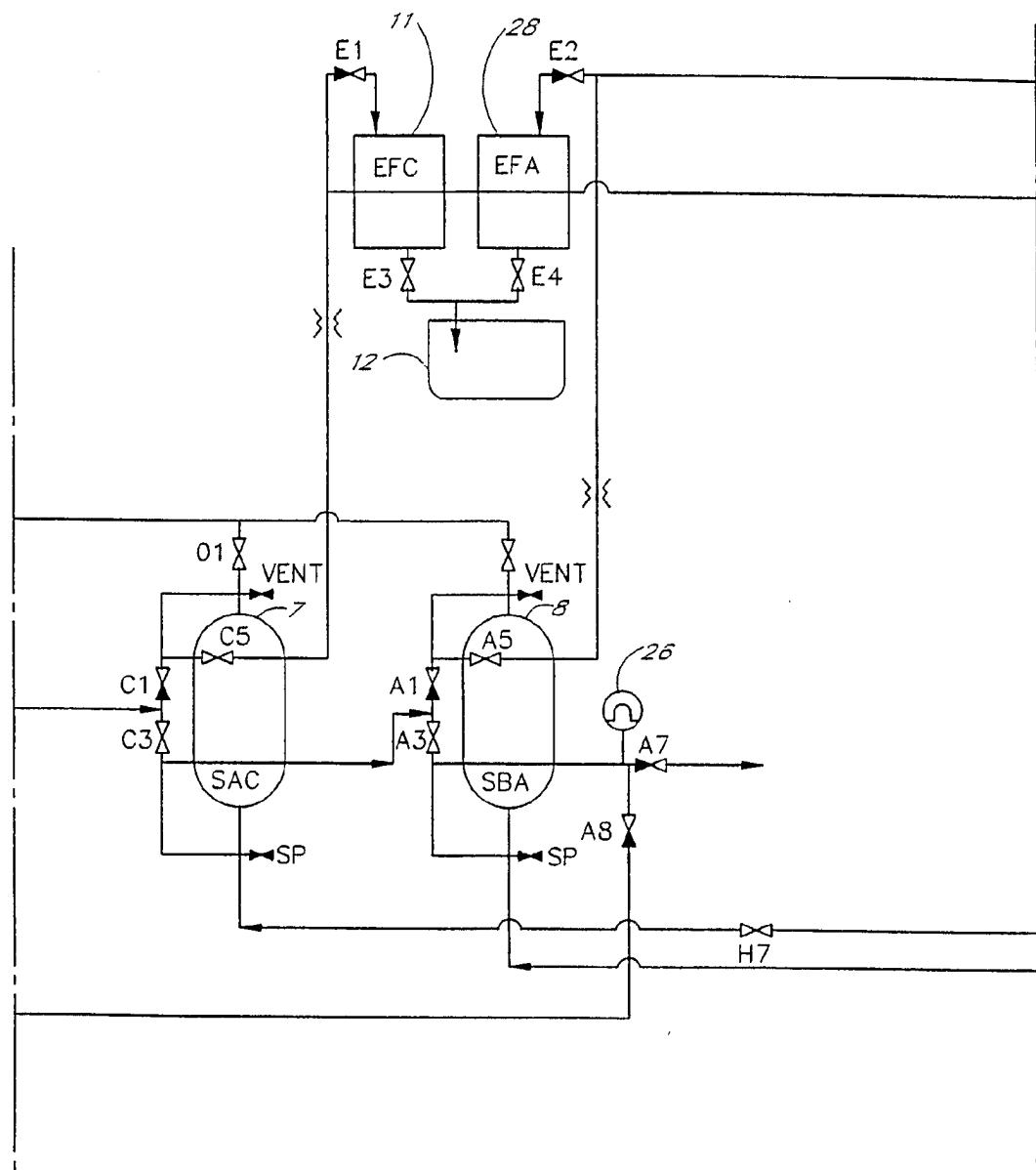


FIG. 5A

FIG. 5B



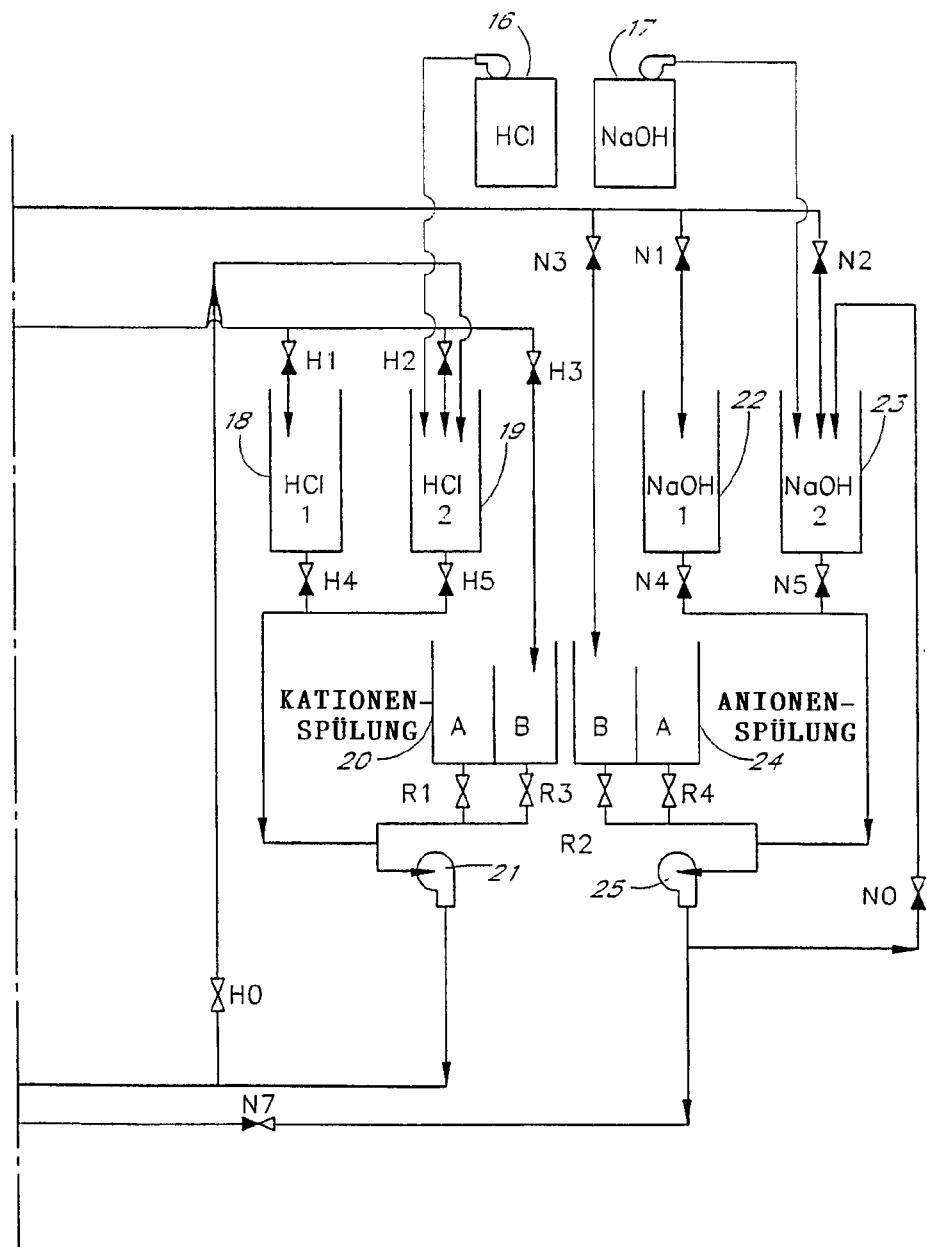


FIG. 5C

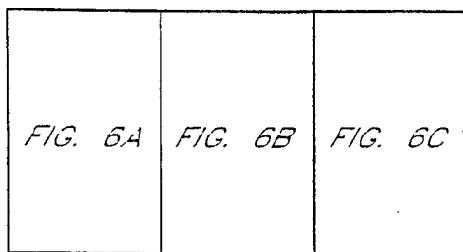


FIG. 6

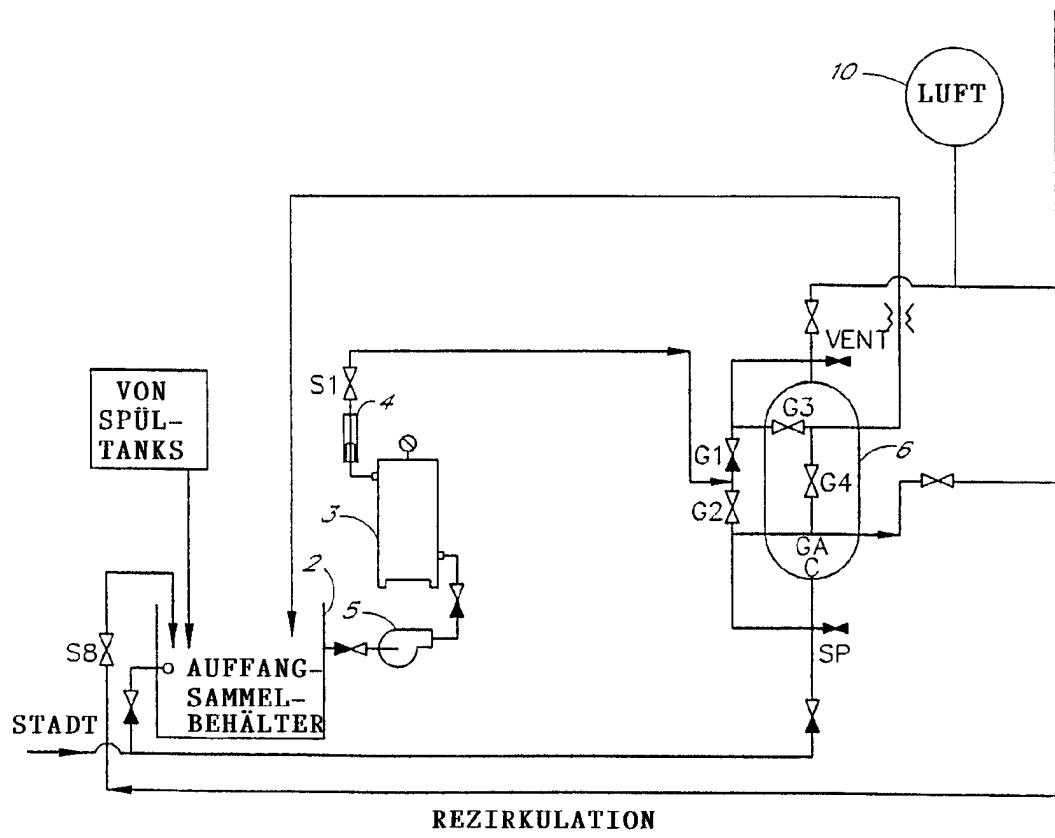
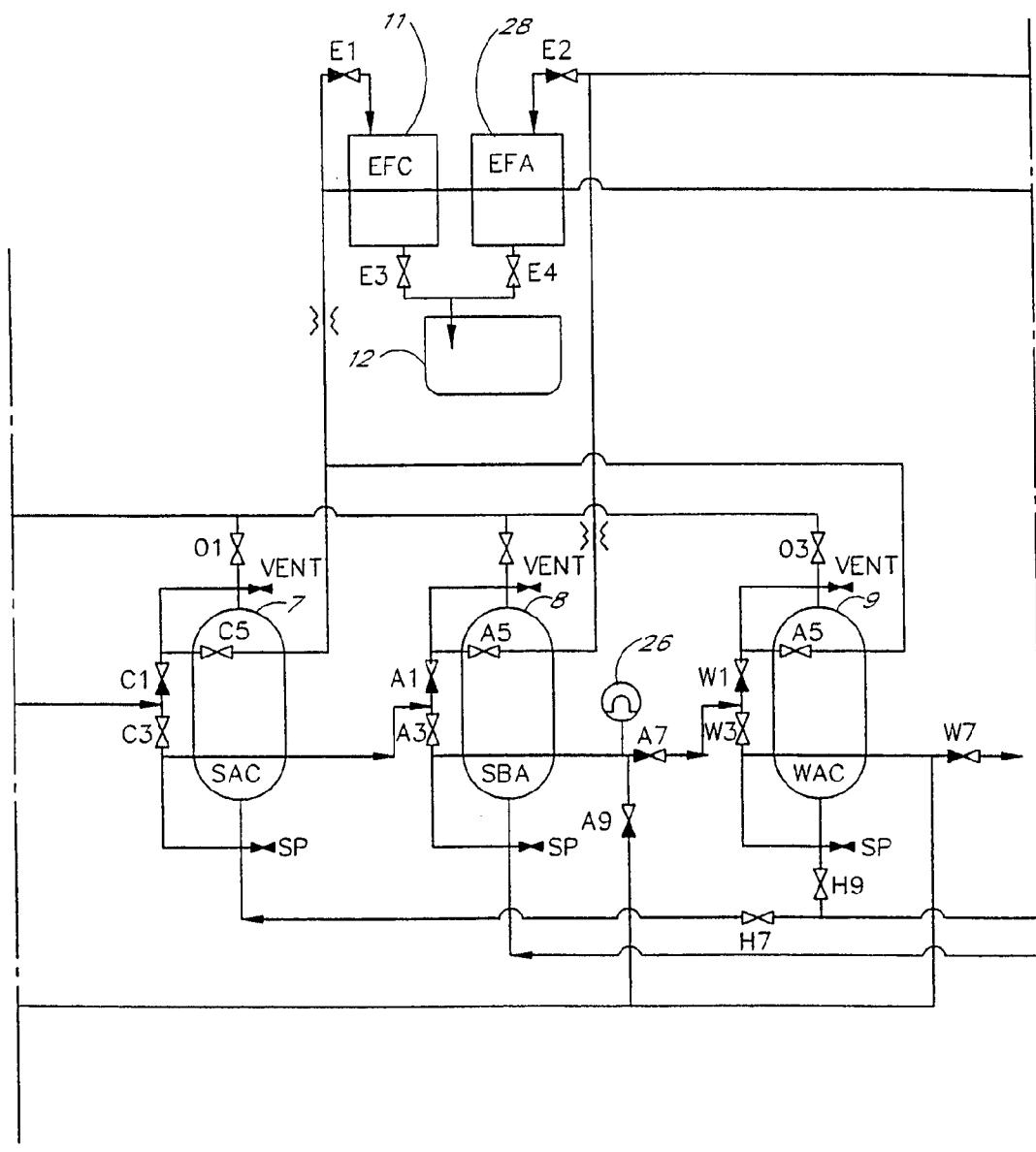


FIG. 6A

FIG. 6B



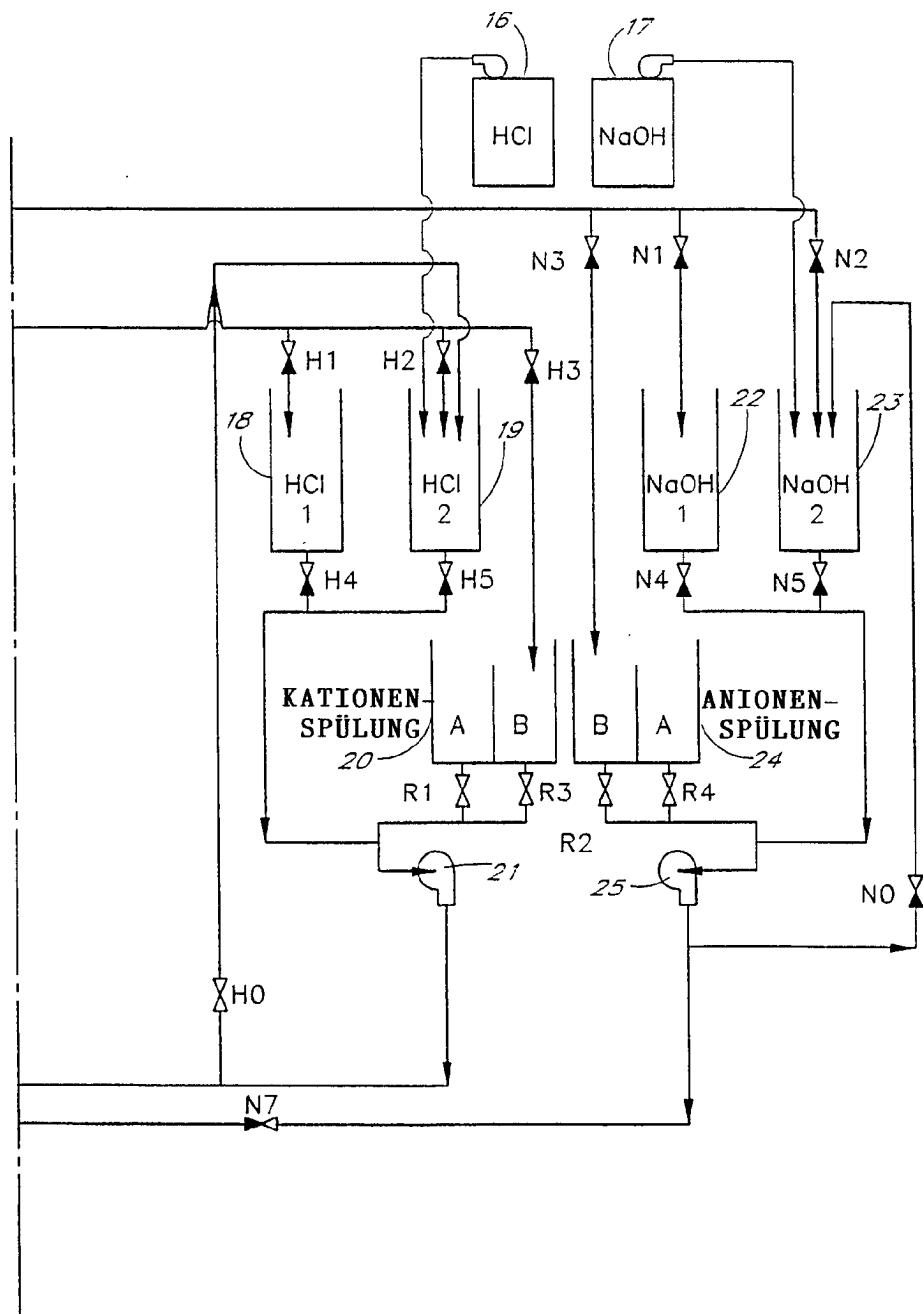


FIG. 6C

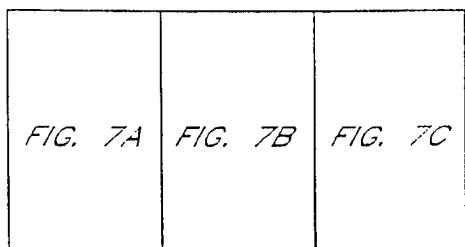


FIG. 7

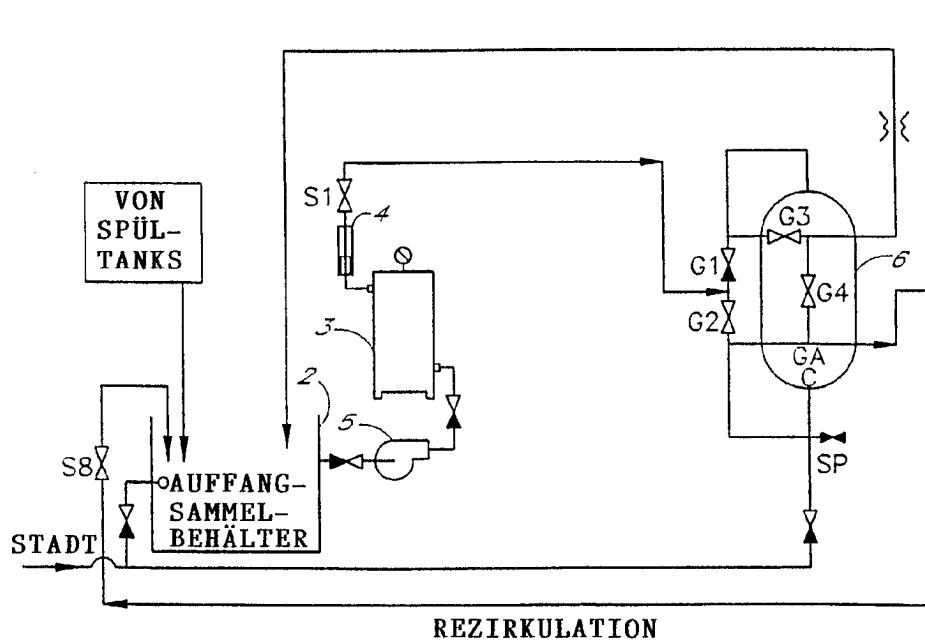
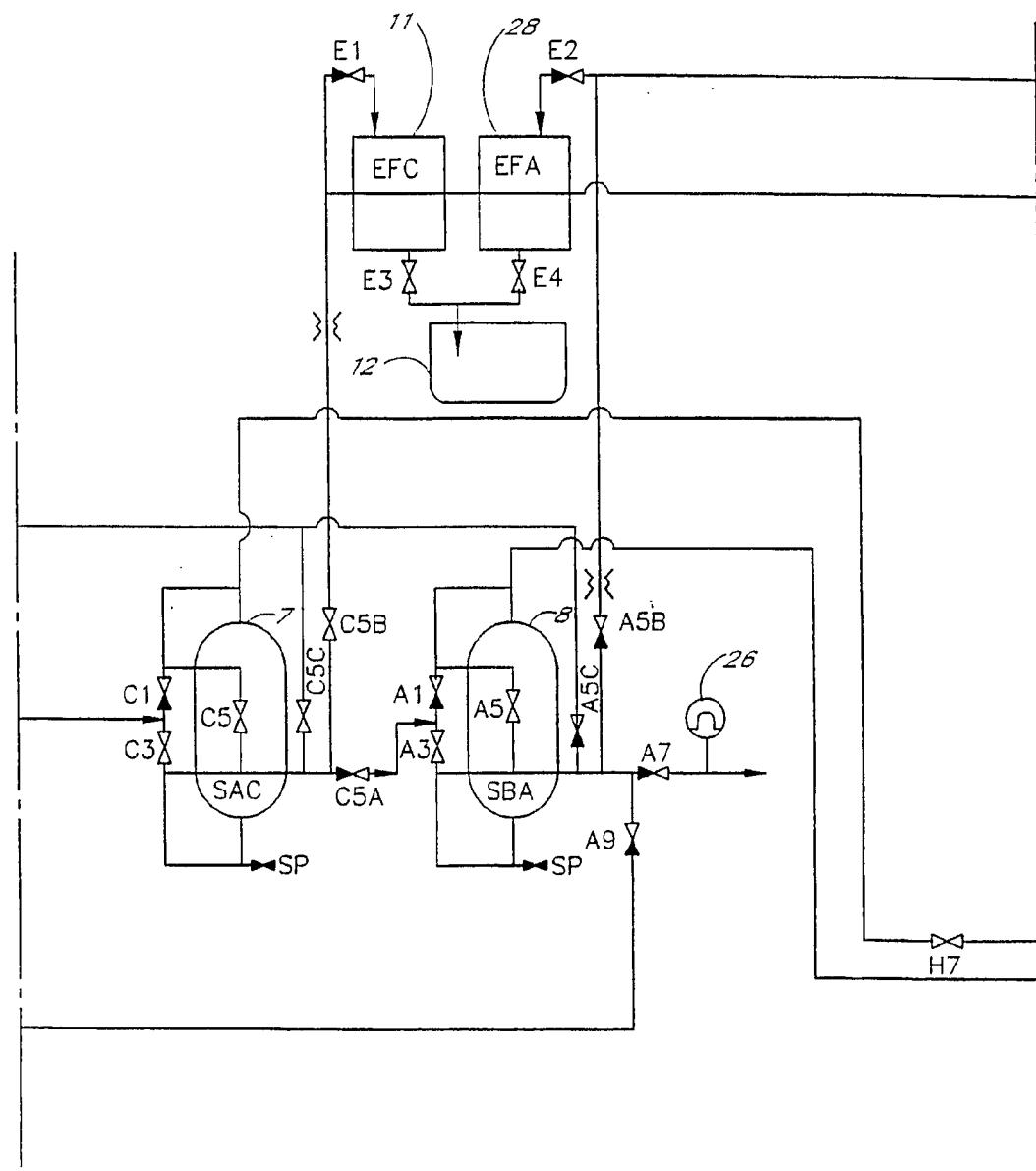


FIG. 7A

FIG. 7B



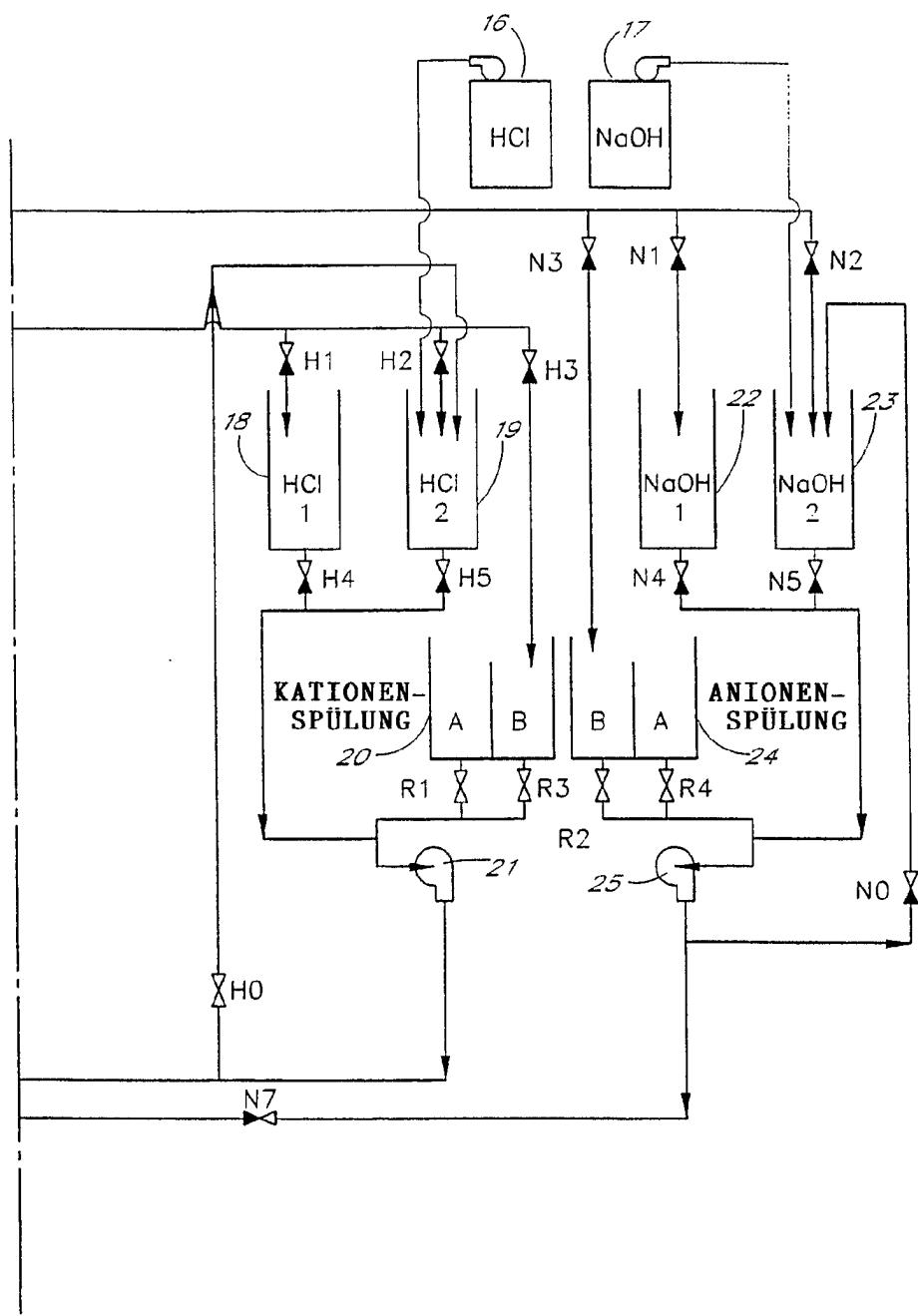


FIG. 7C

FIG. 8A

FIG. 8B

FIG. 8C

FIG. 8

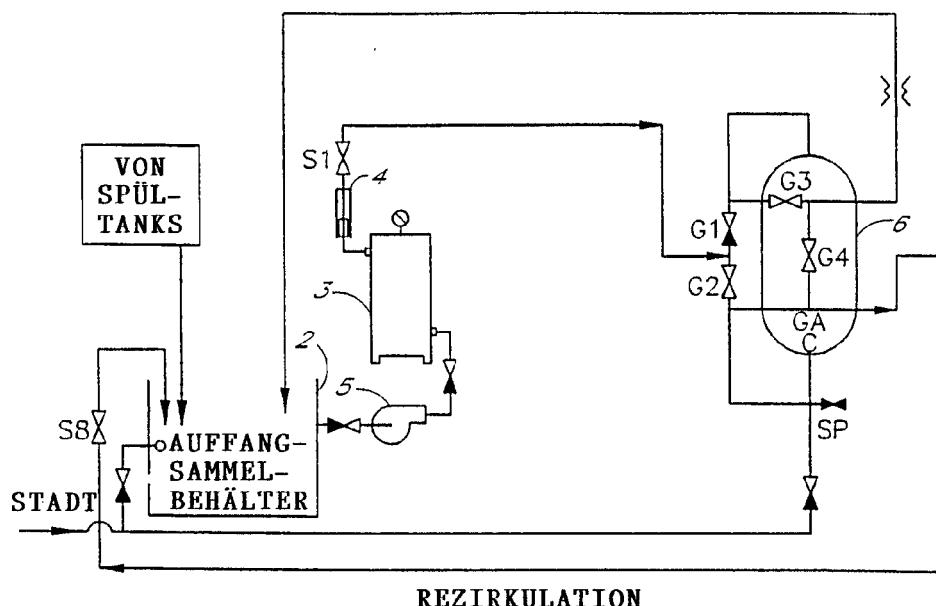
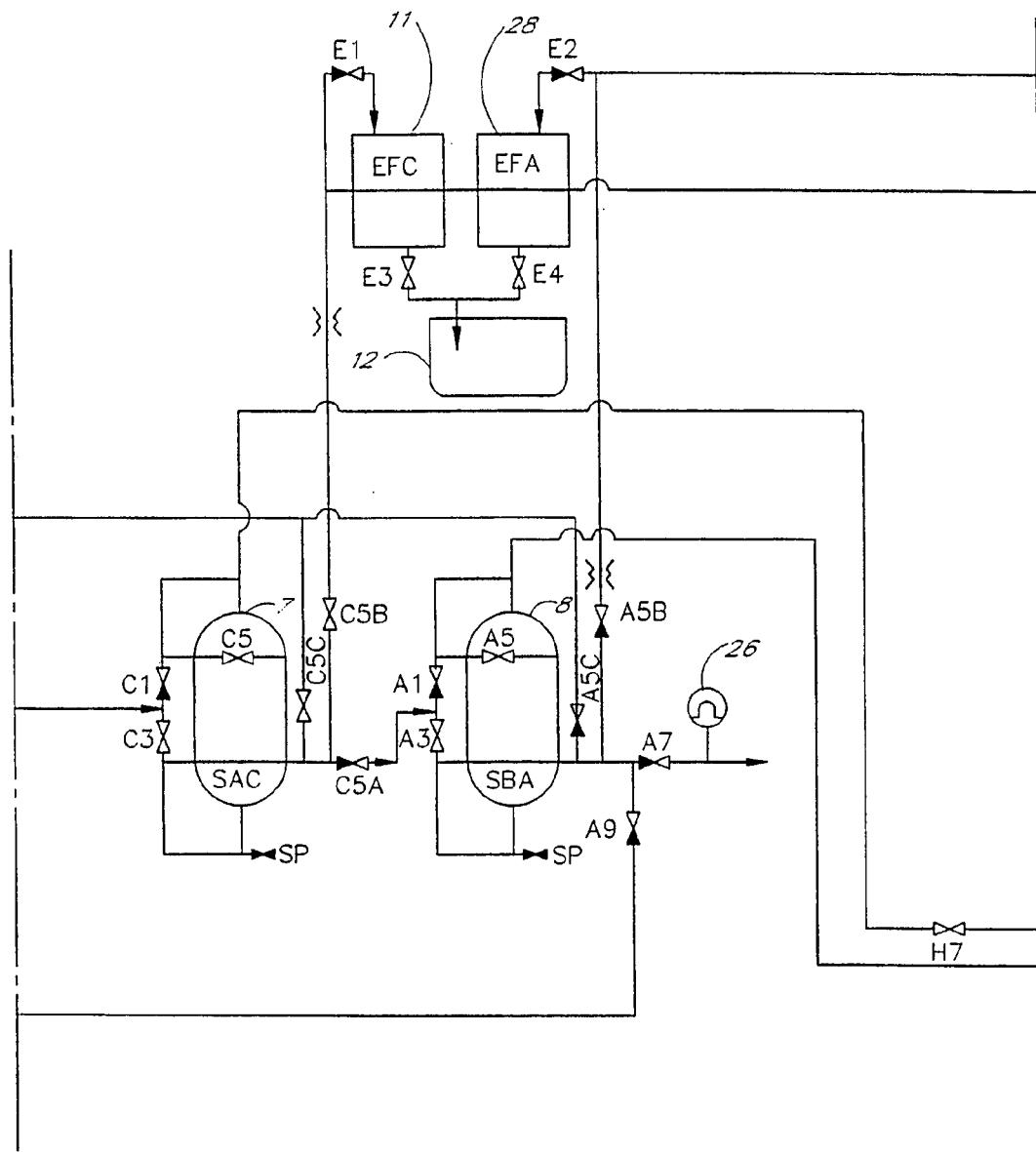


FIG. 8A

FIG. 8B



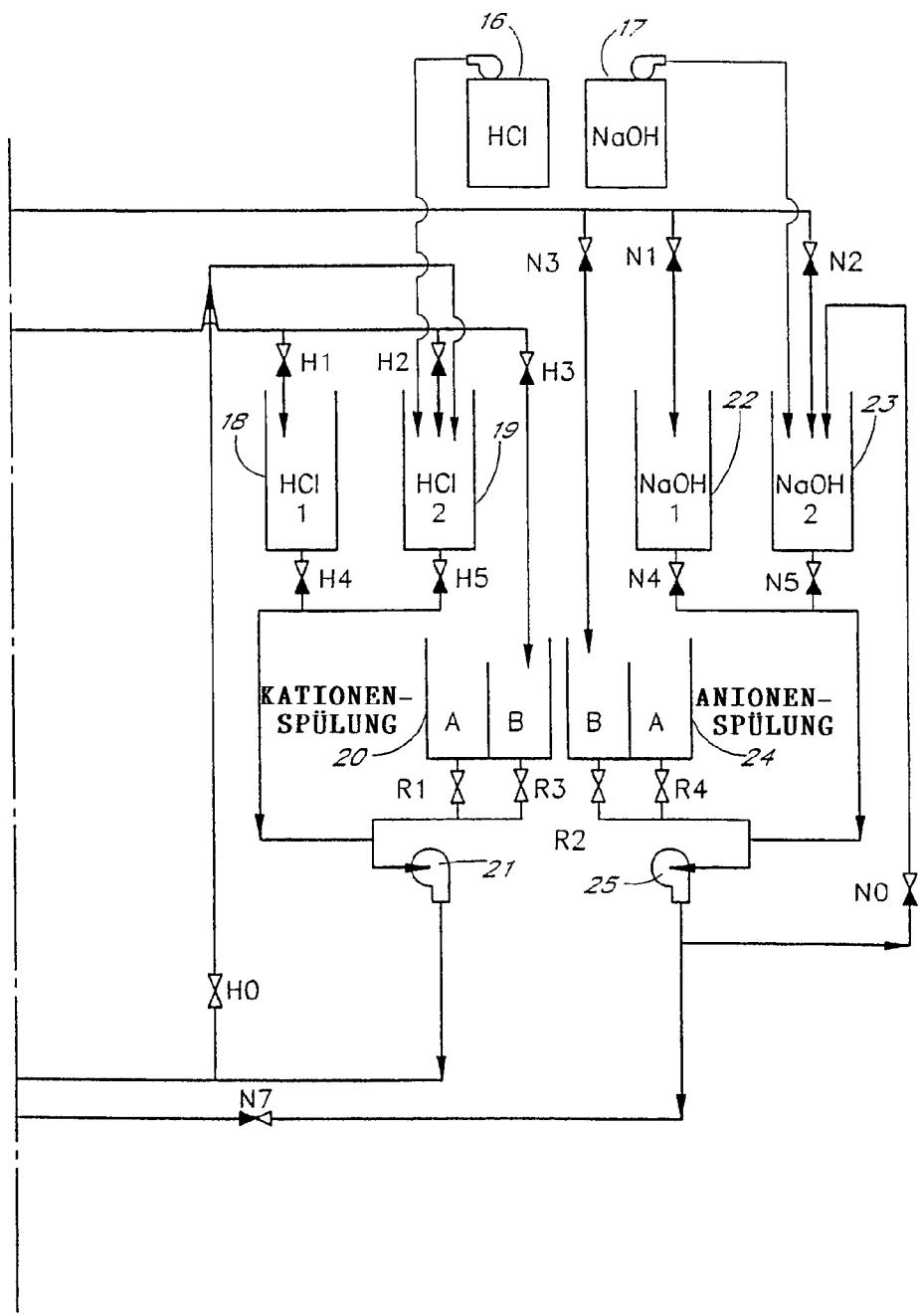


FIG. 8C