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

(10) **DE 697 32 685 T2** 2006.02.02

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 848 993 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 32 685.3**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 122 312.8**
(96) Europäischer Anmeldetag: **17.12.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.06.1998**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **09.03.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.02.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***B01J 47/14*** (2006.01)
B01D 53/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

33845796	**18.12.1996**	**JP**
33845896	**18.12.1996**	**JP**
34161597	**11.12.1997**	**JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
Ebara Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und Rechtsanwälte, 80538 München

(72) Erfinder:
Fujiwara, Kunio, Yokohama-shi, Kanagawa-ken, JP; Takai, Takeshi, Kamakura-shi, Kanagawa-ken, JP; Katsumine, Mari, Kamakura-shi, Kanagawa-ken, JP; Iwaki, Kazuo, Fujisawa-shi, Kanagawa-ken, JP; Kawazu, Hideo, Yokosuka-shi, Kanagawa-ken, JP; Sekiguchi, Hideaki, Ichihara-shi, Chiba-ken, JP

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Auswertung der Leistungfähigkeit von einem chemischen Filter zur Reinigung von Gasen**

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

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Auswertung der Leistungsfähigkeit eines chemischen Filters, der Ionenaustauscher umfasst, zur Reinigung eines Gases. Der chemische Filter wurde in letzter Zeit in Reinräumen in der Mikroelektronikindustrie, wie beispielsweise der Halbleiterindustrie oder der pharmazeutischen Industrie verwendet. Und zwar bezieht sich die vorliegenden Erfindung auf die Leistungsfähigkeitsauswertung eines chemischen Luftreinigungsfilters, die Information über den Zeitpunkt für das Ersetzen eines chemischen Filters liefert, wie beispielsweise die verbrauchte Ionenaustauschkapazität oder die restliche Austauschkapazität des Filtermaterials, oder die beurteilen kann, ob der analytische Pegel einer Komponente, die bei dem Einlass und Auslass eines Filters entfernt werden soll, korrekt ist oder nicht, ohne den Filter zu zerstören. Die vorliegende Erfindung ist auch auf die Qualitätskontrolle während des Herstellungsprozesses eines Ionenaustauschers anwendbar, der einen chemischen Luftreinigungsfilter ausbildet.

[0002] Bekannte chemische Filter zum Entfernen gasförmiger Komponenten in der Luft umfassen Aktivkohlenpartikel oder Aktivkohlefasern, auf welchen eine Säure oder Alkali optional abgelagert wird. Filter, die ein Oxid oder ein Metall aufweisen, das auf anderen Trägersubstanzen getragen wird, sind ebenfalls bekannt.

[0003] In den letzten Jahren wurde begonnen chemische Filter, die Ionenaustauscher verwenden, insbesondere in der Halbleiter bezogenen Industrie zu verwenden, da diese effizient gasförmige Komponenten bei ppb-Pegeln entfernen können, ohne Adsorbate bzw. adsorbierte Stoffe freizusetzen.

[0004] Ionenaustauscher werden oft in chemischen Filtern in Form von einem nicht-gewebten oder gewebten Stoff aufgrund der hohen Entfernungseffizienz, dem leichten Gewicht und der Formbarkeit verwendet. Ionenaustauschgruppen umfassen Kationenaustauschgruppen, wie beispielsweise Schwefelsäure und Carboxylgruppen, ebenso wie Anionenaustauschgruppen, wie beispielsweise quarternäres Ammonium und tertiäre Aminogruppen. Der Mechanismus, durch welchen diese Ionenaustauschgruppen gasförmige Komponenten entfernen, basiert hauptsächlich auf einer Neutralisationsreaktion. Auf diese Weise nimmt die Ionenaustauschkapazität graduell mit anhaltendem Gebrauch eines Filters, der solch eine Ionenaustauschgruppe verwendet, ab. Mit zunehmender verbrauchter Ionenaustauschkapazität, nimmt die Entfernungseffizienz für gasförmige Komponenten ab und daher muss der Filter ersetzt werden.

[0005] Der Zeitpunkt für das Ersetzen eines Filters zum Entfernen von Mikropartikeln, wie beispielsweise HEPA-Filter oder ULPA-Filter kann aus dem Druckverlust erkannt werden. Es ist jedoch schwierig die Zeit für das Ersetzen eines chemischen Filter zu schätzen. Typischerweise werden die Konzentrationen von gasförmigen Komponenten, die von Interesse sind, in einem Aufstrom und einem Abstrom des chemischen Filters bestimmt, und eine Abnahme in der Entfernungsrate desselben ist ein Indikator für das Ersetzen.

[0006] Ausgedehntes Absaugen mit einem Impinger und eine sorgfältige Analyse der absorbierten Flüssigkeit werden benötigt, um ein extrem niedriges Gasniveau in einer Umgebung zu bestimmen, die einen chemischen Filter erfordert. Dies umfasst die Möglichkeit, dass gasförmige Komponenten, die entfernt werden sollen, nicht durch den chemischen Filter entfernt werden, sondern weiterhin für eine lange Zeitspanne ausfließen und die Oberfläche von Halbleiterprodukten kontaminieren, bevor die Ergebnisse herauskommen. Zusätzlich ist es sehr schwierig, von Spurengaskomponenten Proben zu nehmen, und viele Proben sind notwendig, um zu wissen, ob eine Probenstelle typisch für die Filterleistungsfähigkeit ist, selbst wenn der analytische Wert korrekt ist. Eine derartige Analyse ist arbeits- und zeitaufwendig.

[0007] Die Gebrauchsdauer eines Ionenaustauschers kann relativ einfach aus Konzentrationen von Gaskomponenten in einem Gas berechnet werden, da sie chemische Adsorbate im Gegensatz zu physischen Adsorbaten, wie beispielsweise Aktivkohle, sind. Auf diese Weise kann der Gaspegel, wie oben beschrieben, bestimmt werden, wenn die Gebrauchsdauer sich ihrem Ende nähert. Jedoch sind die Gaskonzentrationen am Einlass selten konstant. Daher müssen die Gaspegel regelmäßig analysiert werden, bis die Entfernungseffizienz abnimmt. Dies kann die obigen Probleme nicht lösen. Eine alternative Lösung ist es, jeden Filter zu ersetzen, nachdem er für eine Zeitspanne benutzt wurde, selbst wenn er immer noch eine verbleibende Ionenaustauschkapazität, d.h. die Kapazität zum Entfernen gasförmiger Komponenten, besitzt.

[0008] Ein derartiges Verfahren geht nicht nur gegen den Trend zum Sparen von Ressourcen und Energie, sondern erhöht auch die Kosten. Unter der gegenwärtigen Situation gab es dringende Nachfragen nach einem Verfahren, welches direkt und schnell die Zeit zum Ersetzen eines chemischen Filters anzeigen kann, ohne diesen zu zerstören oder zu berühren, und das die Komplexität des Standes der Technik, der indirektes Bestimmen der Zeit zum Ersetzen eines Filters durch Analysieren des Pegels einer Spurengaskomponente in der Luft stromaufwärts und stromabwärts von dem Filter beinhaltet, beseitigen kann.

[0009] Ferner war es schwierig zu bestimmen, wann und welche Filter im Fall von großflächiger Luftreinigung ersetzt werden sollten, was gewöhnlich eine Vielzahl von Filtern erfordert, da ein konstanter Strom in einem solchen Fall nicht immer erreicht werden kann oder wenn er erreicht werden kann, der Pegel der gasförmigen Komponenten nicht immer konstant ist, so dass die verbrauchte Ionenaustauschkapazität für jeden Filter variiert.

[0010] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren, wie es in Anspruch 1 beansprucht wird, vorgesehen. Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen offenbart.

[0011] Die vorliegende Erfindung basiert auf der Entdeckung, dass ein Feuchtigkeitsgehalt, ein Gewicht und ein Druckverlust eines Filterelements, das einen Ionenaustauscher umfasst, abnehmen, während das Filterelement Gaskomponenten adsorbiert. In der Anfangsphase des Ionenaustauschers in dem Filterelement wird eine beträchtliche Menge an Wassermolekülen durch Wasserstoffbindung gebunden. Da das Filterelement jedoch verwendet wird, um Gaskomponenten durch eine Ionenaustauschgruppe, wie beispielsweise eine Schwefelsäuregruppe in dem Ionenaustauscher, zu adsorbieren, wird angenommen, dass die Anzahl der gebundenen Wassermoleküle abnimmt, wodurch der Feuchtigkeitsgehalt, Gewicht und Druckverlust des Filterelements abnehmen. Daher zeigt die Abnahme des Feuchtigkeitsgehalts, Gewichts oder Druckverlusts des Filterelements zu einem gewissen Grad die Adsorption von Gaskomponenten an die Ionenaustauschgruppe in dem Ionenaustauscher und den Zeitpunkt zum Ersetzen des Filterelements an.

[0012] In den ersten und zweiten Aspekten der vorliegenden Erfindung, sind ein Feuchtigkeitsgehalt oder ein Gewicht eines Filterelements ein Indikator, um ein Filterelement zu ersetzen. Im Gegensatz dazu ist in den zweiten und vierten Aspekten der vorliegenden Erfindung ein Druckverlust bei dem Filterelement ein Indikator, um ein Filterelement zu ersetzen.

[0013] In dem ersten und dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Feuchtigkeitsgehalt, ein Gewicht oder ein Druckverlust des Filterelements ein direkter Indikator, und es ist daher nicht notwendig, die Ionenaustauschrestkapazität des Filterelements zu erhalten. Im Gegensatz dazu wird in den zweiten und vierten Aspekten der vorliegenden Erfindung ein Feuchtigkeitsgehalt, ein Gewicht oder ein Druckverlust des Filterelements in eine Ionenaustauschrestkapazität des Filterelements durch eine Eichkurve umgewandelt, und die Ionenaustauschrestkapazität ist ein direkter Indikator für das Ersetzen des Filterelements. In dem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung wird, nachdem der grobe Zeitpunkt des Ersetzens des Filters durch den Druckverlust an dem Filterelement geschätzt wurde, der genaue Zeitpunkt durch den Feuchtigkeitsgehalt oder das Gewicht des Filterelements geschätzt.

[0014] Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, dass ein Verfahren zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines chemischen Filterelements zum Säubern bzw. Reinigen eines Gases, die folgenden Schritte aufweist: Bestimmen eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts eines Filterelements einschließlich eines Ionenaustauschers; Vergleichen des bestimmten Werts eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewicht mit einem vorgeschriebenen Wert eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts; Ersetzen des Filterelements, wenn der bestimmte Wert gleich oder weniger als der vorgeschriebene Wert ist; und Warten für eine vorgeschriebene Zeitspanne, wenn der bestimmte Wert mehr als der vorgeschriebene Wert ist und Wiederholen des Bestimmungsschritts und des Vergleichsschritts nachfolgend auf den Warteschritt; wobei der vorgeschriebene Wert eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts kleiner ist als ein Anfangswert eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts des Filterelements.

[0015] In dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist das Verfahren vorzugsweise weiterhin den Schritt des Aufrechterhaltens des Filterelements bei einer vorgeschriebenen Temperatur und einer vorgeschriebenen Feuchtigkeit vor dem Bestimmungsschritt auf.

[0016] Gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, dass ein Verfahren zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines chemischen Filterelements zum Reinigen eines Gases, die folgenden Schritte aufweist: Bestimmen eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts eines Filterelements einschließlich eines Ionenaustauschers; Umwandeln des bestimmten Werts eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts in eine Ionenaustauschrestkapazität des Filterelements; und Vergleichen der Ionenaustauschrestkapazität mit einem vorgeschriebenen Wert.

[0017] In dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist das Verfahren vorzugsweise ferner den Schritt des Ersetzens des Filterelements auf, wenn die Ionenaustauschrestkapazität gleich oder weniger als der vorgeschriebene Wert ist. Vorzugsweise weist das Verfahren ferner den Schritt des Wartens für eine vorgeschriebene Zeitspanne auf, wenn die Ionenaustauschrestkapazität mehr als ein vorgeschriebener Wert ist, sowie das Wiederholen des Bestimmungsschritts, des Umwandlungsschritts und des Vergleichsschritts nachfolgend auf den Warteschritt.

[0018] Vorzugsweise reicht der vorgeschriebene

Wert für die Ionenaustauschrestkapazität von 20% bis 40% einer anfänglichen Ionenaustauschkapazität des Filterelements.

[0019] Vorzugsweise weist das Verfahren ferner die folgenden Schritte auf: Halten des Filterelements bei einer vorgeschriebenen Temperatur und einer vorgeschriebenen Feuchtigkeit vor dem Bestimmungsschritt; und Erhalten einer Eichkurve zwischen einem Feuchtigkeitsgehalt oder einem Gewicht des Filterelements und einer Ionenaustauschrestkapazität des Filterelements; wobei der Umwandlungsschritt die Eichkurve verwendet.

[0020] Der Bestimmungsschritt weist vorzugsweise die folgenden Schritte auf: Ausstrahlen von entweder einem Infrarotstrahl oder einem Naheinfrarotstrahl auf eine Oberfläche des Filterelements; und Detektieren von entweder einem Infrarotstrahl oder einem Naheinfrarotstrahl, der von der Oberfläche des Filterelements reflektiert wird. Vorzugsweise weist der Bestimmungsschritt ferner den Schritt des Bestimmens eines Feuchtigkeitsgehalts des Filterelements auf.

[0021] Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, dass ein Verfahren zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines chemischen Filterelements zum Reinigen eines Gases, die folgenden Schritte aufweist: Vorsehen eines Filterelements, das einen Ionenaustauscher in einem Gasdurchlass aufweist; Bestimmen einer Druckdifferenz zwischen einem Aufstrom und einem Abstrom des Filterelements; Vergleichen des bestimmten Werts einer Druckdifferenz mit einem vorgeschriebenen Wert einer Druckdifferenz; Ersetzen des Filterelements, wenn der bestimmte Wert gleich oder weniger als der vorgeschriebene Wert ist; und Warten für eine vorgeschriebene Zeitspanne, wenn der bestimmte Wert größer ist als der vorgeschriebene Wert und Wiederholen des Bestimmungsschritts und des Vergleichsschritts nachfolgend auf den Warteschritt; wobei der vorgeschriebene Wert einer Druckdifferenz geringer ist als ein Anfangswert einer Druckdifferenz zwischen einem Aufstrom und einem Abstrom des Filterelements.

[0022] In dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist das Verfahren vorzugsweise ferner den Schritt des Haltens des Filterelements bei einer vorgeschriebenen Temperatur und einer vorgeschriebenen Feuchtigkeit vor dem Bestimmungsschritt auf.

[0023] Gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, dass ein Verfahren zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines chemischen Filterelements zum Reinigen eines Gases, die folgenden Schritte aufweist: Vorsehen eines Filterelements, das einen Ionenaustauscher in einem Gasdurchlass aufweist; Bestimmen einer Druckdifferenz zwischen einem Aufstrom und einem Abstrom des Filterelements; Umwandeln des bestimmten Werts einer Druckdifferenz in eine Ionenaustauschrestkapazität; und Vergleichen der Ionenaustauschrestkapazität mit einem vorgeschriebenen Wert.

[0024] In dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist das Verfahren vorzugsweise ferner den Schritt des Ersetzens des Filterelements auf, wenn die Ionenaustauschrestkapazität gleich oder weniger als der vorgeschriebene Wert ist. Vorzugsweise weist das Verfahren ferner den Schritt des Wartens für eine vorgeschriebene Zeitspanne auf, wenn die Ionenaustauschrestkapazität größer ist als der vorgeschriebene Wert und Wiederholen des Bestimmungsschritts, des Umwandlungsschritts und des Vergleichsschritts nachfolgend auf den Warteschritt. Vorzugsweise weist das Verfahren ferner die folgenden Schritte auf: Halten des Filterelements bei einer vorgeschriebenen Temperatur und einer vorgeschriebenen Feuchtigkeit vor dem Bestimmungsschritt; und Erhalten einer Eichkurve zwischen einer Ionenaustauschrestkapazität des Filterelements und einer Druckdifferenz zwischen einem Aufstrom und einem Abstrom des Filterelements; wobei der Umwandlungsschritt die Eichkurve verwendet.

[0025] In dem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, dass ein Verfahren zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines chemischen Filterelements zum Reinigen eines Gases, die folgenden Schritte aufweist: Vorsehen eines Filterelements, das einen Ionenaustauscher in einem Gasdurchlass aufweist; Bestimmen einer Druckdifferenz zwischen einem Aufstrom und einem Abstrom des Filterelements; Vergleichen des bestimmten Werts einer Druckdifferenz mit einem vorgeschriebenen Wert einer Druckdifferenz; Bestimmen eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts eines Filterelements, wenn der bestimmte Wert einer Druckdifferenz gleich oder niedriger ist als der vorgeschriebene Wert; und Warten für eine vorgeschriebene Zeitspanne, wenn der bestimmte Wert eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts größer ist als der vorgeschriebene Wert und Wiederholen des Druckdifferenzbestimmungsschritts, und des Vergleichsschritts nachfolgend auf den Warteschritt; wobei der vorgeschriebene Wert einer Druckdifferenz kleiner ist als eine Anfangswert einer Druckdifferenz.

[0026] Vorzugsweise weist das Verfahren ferner die folgenden Schritte auf: Vergleichen des bestimmten Werts eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts des Filterelements mit einem vorgeschriebenen Wert eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts; Ersetzen des Filterelements, wenn der bestimmte Wert eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts gleich oder weniger ist als der vorgeschriebene Wert; und Warten für eine vorgeschriebene Zeitspanne, wenn der bestimmte Wert eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts größer ist als der

vorgeschriebene Wert und Wiederholen des Druckdifferenzbestimmungsschritts und des Druckdifferenzvergleichsschritts nachfolgend auf den Warteschritt, wobei der vorgeschriebene Wert eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts geringer ist als ein Anfangswert eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts.

[0027] Alternativ kann das Verfahren ferner die folgenden Schritte aufweisen: Umwandeln des bestimmten Werts eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts in eine Ionenaustauschrestkapazität des Filterelements; und Vergleichen der Ionenaustauschrestkapazität mit einem vorgeschriebenen Wert. Vorzugsweise weist das Verfahren ferner den Schritt des Ersetzens des Filterelements auf, wenn die Ionenaustauschrestkapazität gleich oder niedriger ist als der vorgeschriebene Wert. Das Verfahren weist ferner vorzugsweise den Schritt des Wartens für eine vorgeschriebene Zeitspanne auf, wenn die Ionenaustauschrestkapazität größer ist als der vorgeschriebene Wert und Wiederholen des Druckdifferenzbestimmungsschritts und des Druckdifferenzvergleichsschritts nachfolgend auf den Warteschritt.

[0028] Vorzugsweise weist das Verfahren ferner den Schritt des Haltens des Filterelements bei einer vorgeschriebenen Temperatur und einer vorgeschriebenen Feuchtigkeit vor dem Druckdifferenzbestimmungsschritt auf. Vorzugsweise weist der Feuchtigkeitsgehalts- oder Gewichtsbestimmungsschritt die folgenden Schritte auf: Ausstrahlen von entweder einem Infrarotstrahl oder einem Naheinfrarotstrahl auf eine Oberfläche des Filterelements; und Detektieren von entweder einem Infrarotstrahl oder einem Naheinfrarotstrahl, der von der Oberfläche des Filterelements reflektiert wird.

[0029] In den ersten, zweiten, dritten, vierten und fünften Aspekten der vorliegenden Erfindung weist eine Filteranordnung vorzugsweise ein Gehäuse und das Filterelement auf, welches an dem Gehäuse angebracht ist, und der Ersetzensschritt umfasst das Ersetzen der Filteranordnung. Vorzugsweise wird ein weiteres Filterelement in einem Aufstrom des Filterelements vorgesehen. Vorzugsweise weist der Ionenaustauscher eine Ionenaustauschgruppe mit einer starken Azidität oder starken Basizität auf. Der Ionenaustauscher ist vorzugsweise durch eine bestrahlungsinduzierte Pfropfpolymerisation hergestellt.

[0030] Fig. 1 ist ein Graph, der die Korrelation zwischen der Ionenaustauschrestkapazität und dem Feuchtigkeitsgehalt in einer stark sauren Kationenaustauschfaser bei einer konstanten Temperatur und einer konstanten Feuchtigkeit zeigt.

[0031] Fig. 2 ist ein Modell, das die Korrelation zwischen der Schwefelsäuregruppe eines stark sauren Ionenaustauschers und Wassermolekülen zeigt.

[0032] Fig. 3 ist ein Graph, der die Korrelation zwischen dem Gewichtsverlust und der Veränderung über die Zeit hinweg zeigt.

[0033] Fig. 4 ist ein Flussdiagramm, welches ein erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0034] Fig. 5 ist ein Flussdiagramm, welches ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0035] Fig. 6 ist ein Flussdiagramm, welches ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0036] Fig. 7 ist ein Flussdiagramm, welches ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0037] Fig. 8 ist eine schematische Ansicht, die einen Bestimmungsschritt der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0038] Fig. 9 ist eine perspektivische Ansicht, die eine Filteranordnung und einen Infrarotfeuchtigkeitsmesser zeigt, der in einem Verfahren der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0039] Fig. 10 ist ein Graph, der die Korrelation zwischen der Zeit und einer Druckdifferenz zwischen einem Aufstrom und einem Abstrom des Filterelements zeigt.

[0040] In Fig. 8 ist eine Filteranordnung **10**, die ein Filterelement **14** umfasst, in einem Gasdurchlass **32** angeordnet. In dem dritten, vierten und fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Differenzdruckmesser **34** vorgesehen, um eine Druckdifferenz zwischen einem Aufstrom **35** und einem Abstrom **36** des Filterelements **14** zu liefern. In dem Gasdurchlass **32** werden Probeentnahmeleitungen **42**, **44** vorgesehen zur Probenahme eines Gases in dem Durchlass. Jedoch werden die Probeentnahmeleitungen **42**, **44** in den Beispielen verwendet, um das Prinzip der vorliegenden Erfindung zu bestätigen, und sind daher keine essentiellen Merkmale der vorliegenden Erfindung.

[0041] Wie in Fig. 9 gezeigt, besitzt die Filteranordnung **10** ein Gehäuse **12** und ein Filterelement **14**, das einen Ionenaustauscher umfasst. Das Gehäuse **12** kann beispielsweise aus Kunststoffmaterial wie beispielsweise Polypropylen hergestellt sein. Wenn die Filteranordnung **10** in einem Reinraum verwendet wird, ist das Gehäuse **12** vorzugsweise aus einem hochreinen Kunststoffmaterial hergestellt. Das Filterelement **14** ist in einer gefalteten Konfiguration an dem Gehäuse **12** mittels eines Dichtungsmittels, wie beispielsweise eines Klebemittels, befestigt. Bezugs-

zeichen **15** bezeichnet eine Form des Filterelements **14** in einem Querschnitt desselben. Das Filterelement **14** umfasst einen Ionenaustauscher und setzt sich typischer Weise aus dem Ionenaustauscher zusammen. Ein Ionenaustauscher in einer Faserkonfiguration kann in einen gewebten Stoff, einen nicht gewebten Stoff, der als ein Filterelement **14** dient, eingearbeitet werden.

[0042] Bei seiner Verwendung kann das Filterelement an einem Kanal befestigt sein, um Luft in einen Reinraum einzuleiten. Die Filteranordnung **10** kann an einem Stepper, einer Luftbürste bzw. einem Luftmesser (air knife) usw. an einem Mechanismus zur Lufteinleitung befestigt sein. Alternativ kann eine Vielzahl von Filteranordnungen **10** an einer Seite einer gesamten Wand in einem Reinraum befestigt sein.

[0043] Ein Gas einschließlich eines ionischen Materials wird in die Filteranordnung **10** in einer Strömungsrichtung **18** eingeleitet. Der Ionenaustauscher in dem Filterelement **14** adsorbiert das ionische Materal in dem Gas, wodurch diese entfernt wird. Das Filterelement **14** kann basische Gase, wie beispielsweise Ammoniak und Trimethylamin ebenso wie saure Gase wie beispielsweise Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, organische Säuren, Schwefeloxide, Stickoxide etc. adsorbieren. Da der Ionenaustauscher dieses ionische Material adsorbiert, nimmt die Effizienz des Filterelements beim Entfernen desselben ab. In den ersten und zweiten Aspekten der vorliegenden Erfindung wird ein Feuchtigkeitsgehalt oder ein Gewicht des Filterelements **14** bestimmt, um den Zeitpunkt des Ersetzens des Filterelements **14** oder der Filteranordnung **10** zu beurteilen.

[0044] Fig. 4 zeigt die ersten und dritten Aspekte der vorliegenden Erfindung. In dem Aufrechterhaltungsschritt **71** werden vorzugsweise die Filteranordnung **10** und insbesondere das Filterelement **14** bei einer vorgeschriebenen Temperatur und einer vorgeschriebenen Feuchtigkeit gehalten, da ein Feuchtigkeitsgehalt und ein Gewicht des Filterelements von der Temperatur und der Feuchtigkeit abhängen. In einem Reinraum werden Temperatur und Feuchtigkeit konstant gehalten. Wenn die Filteranordnung daher in einem Reinraum angeordnet ist, ist dieses Erfordernis notwendigerweise erfüllt. Die vorgeschriebene Temperatur und die vorgeschriebene Feuchtigkeit können sich von denen unterscheiden, bei denen die Filteranordnung **10** in Verwendung ist.

[0045] Nachfolgend wird in einem Bestimmungsschritt **32** ein Feuchtigkeitsgehalt oder ein Gewicht des Filterelements **14** bestimmt. Alternativ wird, wie in Fig. 8 gezeigt, eine Druckdifferenz, auf die als ein Druckverlust Bezug genommen werden kann, zwischen einem Aufstrom **35** und einem Abstrom **36** des Filterelements **14** bestimmt. Vorzugsweise werden während des Bestimmungsschritts die oben erwähnte vorgeschriebene Temperatur und die vorgeschriebene Feuchtigkeit in dem Aufrechterhaltungsschritt **71** aufrechterhalten.

[0046] Der Feuchtigkeitsgehalt wird vorzugsweise durch Verwenden eines Infrarot- und/oder Naheinfrarotstrahls bestimmt. Wie in Fig. 9 gezeigt, können ein Infrarot- und/oder Naheinfrarotstrahl **28** auf eine Oberfläche des Filterelements **14** von einer Lichtquelle des Infrarotfeuchtigkeitsmessers **20** ausgestrahlt werden, und eine Detektiereinheit des Infrarotfeuchtigkeitsmessers **20** kann einen Infrarot- und/oder Naheinfrarotstrahl **29**, der von der Oberfläche des Filterelements **14** reflektiert wird, detektieren. Der Infrarot- und/oder Naheinfrarotstrahl kann entweder auf eine Aufstromoberfläche oder eine Abstromoberfläche des Filterelements **14** ausgestrahlt werden. Alternativ können ein Infrarot- und/oder Naheinfrarotstrahl, die durch das Filterelement **14** hindurchgehen, detektiert werden. Bekannte Infrarotfeuchtigkeitsmesser, zum Beispiel der Feuchtigkeitsmesser JE-100, der kommerziell verfügbar von der JT Engineering Inc., Japan, ist, können verwendet werden. Der Infrarotfeuchtigkeitsmesser **20** kann einen angezeigten Wert erzeugen, der in einen Feuchtigkeitsgehalt durch eine Eichkurve umgewandelt werden kann.

[0047] Nachfolgend wird in dem Vergleichsschritt **74** der bestimmte Wert eines Feuchtigkeitsgehalts, eines Gewichts oder einer Druckdifferenz mit einem entsprechenden vorgeschriebenen Wert verglichen. Wenn der bestimmte Wert eines Feuchtigkeitsgehalts, eines Gewichts oder einer Druckdifferenz gleich oder niedriger als der entsprechende vorgeschriebene Wert ist, wird das Filterelement **14** in dem Ersetzungsschritt **75** ersetzt, und vorzugsweise wird die Filteranordnung **10** ersetzt. Wenn andererseits der bestimmte Wert eines Feuchtigkeitsgehalts, eines Gewichts oder einer Druckdifferenz größer als der entsprechende vorgeschriebene Wert ist, kann das Filterelement **14** oder die Filteranordnung **10** weiterhin in Verwendung bleiben wie sie ist, und nachdem in dem Warteschritt **76** für eine vorgeschriebene Zeitspanne gewartet wurde, werden der Bestimmungsschritt **72** und der Vergleichsschritt **74** wiederholt. Vorzugsweise werden der Aufrechterhaltungsschritt **71**, der Bestimmungsschritt **72** und der Vergleichsschritt **74** wiederholt.

[0048] Fig. 5 zeigt die zweiten und vierten Aspekte der vorliegenden Erfindung. Verfahren gemäß den zweiten und vierten Aspekten der vorliegenden Erfindung besitzen den gleichen Aufrechterhaltungsschritt **81** und Bestimmungsschritt **82** wie der Aufrechterhaltungsschritt **71** bzw. der Bestimmungsschritt **72**.

[0049] Nachfolgend werden in dem Umwandlungsschritt **83** der bestimmte Wert eines Feuchtigkeitsge-

halts, eines Gewichts oder einer Druckdifferenz in eine Ionenaustauschrestkapazität des Filterelements **14** umgewandelt. Vorzugsweise wird vorab eine Eichkurve zwischen einem Feuchtigkeitsgehalt, einem Gewicht oder einer Druckdifferenz des Filterelements und einer Ionenaustauschrestkapazität des Filterelements erhalten, und der bestimmte Wert eines Feuchtigkeitsgehalts, eines Gewichts oder einer Druckdifferenz wird mit der Eichkurve verglichen, um die Ionenaustauschrestkapazität zu erhalten. Eine derartige Eichkurve ist in Fig. 1 dargestellt. Vorzugsweise sind die vorgeschriebene Temperatur und die vorgeschriebene Feuchtigkeit in dem Aufrechterhaltungsschritt **81** die gleichen, wie die bei denen die Eichkurve erhalten wurde.

[0050] Nachfolgend wird in dem Vergleichsschritt die erhaltene Ionenaustauschrestkapazität mit einem vorgeschriebenen Wert derselben verglichen. Wenn die Ionenaustauschrestkapazität gleich oder niedriger als der vorgeschriebene Wert ist, wird das Filterelement **14** vorzugsweise ersetzt und des Weiteren wird vorzugsweise die gesamte Filteranordnung **10** ersetzt. Wenn andererseits die Ionenaustauschrestkapazität größer als der vorgeschriebene Wert ist, kann das Filterelement **14** oder die Filteranordnung **10** weiterhin in Verwendung bleiben wie sie ist, und nachdem in dem Warteschritt **86** für eine vorgeschriebene Zeitspanne gewartet wurde, können der Bestimmungsschritt **82**, der Umwandlungsschritt **83** und der Vergleichsschritt **84** wiederholt werden. Vorzugsweise können der Aufrechterhaltungsschritt **81**, der Bestimmungsschritt **82**, der Umwandlungsschritt **83** und der Vergleichsschritt **84** wiederholt werden. Der vorgeschriebene Wert der Ionenaustauschrestkapazität reicht vorzugsweise von 20 bis 40% einer anfänglichen Ionenaustauschkapazität des Filterelements.

[0051] Gemäß den fünften Aspekten der vorliegenden Erfindung wird nach der Bestimmung einer Druckdifferenz zwischen einem Aufstrom und einem Abstrom des Filterelements, dann in bestimmten Fällen, ein Feuchtigkeitsgehalt und ein Gewicht eines Filterelements weiterhin bestimmt. Die Bestimmung der Druckdifferenz muss nicht notwendigerweise aufgrund von Fluktuationen eines Gasstromes, Verstopfen des Filterelements usw. genau sein. Daher ergibt das Überwachen einer Druckdifferenz abhängig von einer Zeitperiode ein grobes Timing für das Ersetzen des Filterelements und wenn nötig wird ferner der Feuchtigkeitsgehalt oder das Gewicht des Filterelements bestimmt, um ein genaueres Timing für das Ersetzen des Filterelements zu ergeben.

[0052] Fig. 6 zeigt ein Flussdiagramm eines ersten Ausführungsbeispiels des fünften Aspekts der vorliegenden Erfindung. In Fig. 6 sind der Aufrechterhaltungsschritt **91**, der Druckdifferenzbestimmungsschritt **92**, und der Druckdifferenzvergleichsschritt **93** alle die gleichen wie die Schritte **71**, **72** bzw. **74** der Fig. 4. Wenn der bestimmte Wert der Druckdifferenz größer ist als der vorgeschriebene Wert derselben, werden in ähnlicher Weise, nachdem für eine vorgeschriebene Zeitspanne in dem Warteschritt gewartet wurde, der Bestimmungsschritt **92** und der Vergleichsschritt **93** wiederholt und vorzugsweise wird der Aufrechterhaltungsschritt **91** ebenfalls wiederholt.

[0053] Wenn in dem Vergleichsschritt **93** der bestimmte Wert der Druckdifferenz gleich oder größer als der vorgeschriebene Wert derselben ist, wird ein Feuchtigkeitsgehalt oder ein Gewicht des Filterelements in dem Bestimmungsschritt **94** bestimmt. Nachfolgend wird, ähnlich zu Fig. 4, in dem Vergleichsschritt **95** der bestimmte Wert eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts mit einem entsprechenden vorgeschriebenen Wert verglichen. Wen der bestimmte Wert gleich oder niedriger als der vorgeschriebene Wert desselben ist, wird das Filterelement **14** in dem Ersetzschritt **98** ersetzt und vorzugsweise wird die gesamte Filteranordnung **10** ersetzt. Auf der anderen Seite bleibt, wenn der bestimmte Wert eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts größer als ein vorgeschriebener Wert desselben ist, das Filterelement **10** oder die Filteranordnung **14** in Verwendung, und nachdem in dem Warteschritt für eine vorgeschriebene Zeitspanne gewartet wurde, können der Druckdifferenzbestimmungsschritt **92** und der Druckdifferenzvergleichsschritt wiederholt werden, und vorzugsweise wird der Aufrechterhaltungsschritt **91** ebenfalls wiederholt.

[0054] Fig. 7 zeigt ein Flussdiagramm eines anderen Ausführungsbeispiels des fünften Aspekts der vorliegenden Erfindung. In Fig. 7 sind der Aufrechterhaltungsschritt, der Druckdifferenzbestimmungsschritt **92**, der Druckdifferenzvergleichsschritt **93** und der Feuchtigkeitsgehalt- oder Gewichtbestimmungsschritt **94** die gleichen wie die der Fig. 6.

[0055] In dem Umwandlungsschritt **96**, ähnlich dem Umwandlungsschritt **83** in Fig. 5, wird der bestimmte Wert eines Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts in eine Ionenaustauschrestkapazität des Filterelements **14** umgewandelt. Nachfolgend wird, ähnlich zu Fig. 5, in dem Vergleichsschritt **97** die erhaltene Ionenaustauschrestkapazität mit einem vorgeschriebenen Wert verglichen. Wenn die Ionenaustauschrestkapazität gleich oder niedriger als ein vorgeschriebener Wert ist, wird vorzugsweise in dem Ersetzschritt **98** das Filterelement **14** ersetzt und ferner wird vorzugsweise die gesamte Filteranordnung **10** ersetzt. Wenn auf der anderen Seite die Ionenaustauschrestkapazität größer als ein vorgeschriebener Wert ist, kann das Filterelement **14** oder die Filteranordnung **10** in Verwendung bleiben wie sie ist und, nachdem für eine vorgeschriebene Zeitspanne in dem Warteschritt gewartet wurde, können vorzugs-

weise der Druckdifferenzbestimmungsschritt **92** und der Druckdifferenzvergleichsschritt **93** wiederholt werden. Weiterhin kann bevorzugter Weise der Aufrechterhaltungsschritt **91** ebenfalls wiederholt werden.

[0056] Die vorliegende Erfindung wird im Folgenden im Detail beschrieben.

[0057] Die vorliegende Erfindung ist ein Ergebnis der Entdeckung, dass der Feuchtigkeitsgehalt in Ionenaustauschern mit der Menge der chemisch adsorbierten gasförmigen Komponenten variiert.

[0058] Die vorliegende Erfindung wird nun mit Bezug auf den Fall beschrieben werden, in welchem Ammoniak hauptsächlich durch Anwenden einer Schwefelsäuregruppe adsorbiert wird, die eine typische Ionenaustauschgruppe von stark sauren Kationenaustauschern als einem Ionenaustauscher ist.

[0059] Die Reaktion zwischen einem stark sauren Kationenaustauscher mit einer Schwefelsäuregruppe und Ammoniak wird durch die folgende Formel dargestellt:

$$R\text{-}SO_3 + NH_3 \rightarrow R\text{-}SO_3NH_4$$

[0060] Die obige Formel zeigt, dass Adsorption von Ammoniak an eine Schwefelsäuregruppe zu einer Gewichtszunahme entsprechend dem Molekulargewicht von Ammoniak von 17 führen kann. In der Tat ist die Differenz zwischen den Gewichten vor und nach der Adsorption von Ammoniak, der in einem trockenen Zustand bestimmt wird, übereinstimmend mit der Gewichtszunahme, die aus der Ionenaustauschkapazität berechnet wurde.

[0061] Jedoch wurde ermittelt, dass Adsorption von Ammoniak zu einem Gewichtsverlust beim Filtern eines gewöhnlichen Gases bei typischen Temperaturen und Feuchtigkeiten führt. Beispielsweise fühlt sich ein nicht gewebter Stoff feucht an, wenn kein Ammoniak adsorbiert wird, ist jedoch relativ trocken, wenn Ammoniak adsorbiert wird. Angesichts dieses Phänomens bestimmten wird die adsorbierte Menge an Ammoniak und die resultierende Gewichtsveränderung eines stark sauren, nicht gewebten Kationenaustauschstoffs mit einer Ionenaustauschkapazität bei einer konstanten Temperatur und einer konstanten Feuchtigkeit und fanden heraus, dass die Austauschrestkapazität und der Feuchtigkeitsgehalt eine Korrelation besitzen, wie sie in Fig. 1 gezeigt ist. Fig. 1 zeigt, dass ein Gewicht eines H-Typ, nicht gebrauchten, stark sauren, nicht gewebten Kationenaustauschstoffs um sogar 10% oder mehr größer als ein Gewicht des gleichen Stoffs nach einer Ammoniakadsorption ist. Auf diese Weise kann sehr direkte und exakte Information über den Ersetzzeitpunkt durch Messen des Gesamtgewichtsverlustes des Filters erlangt werden.

[0062] Berücksichtigend, dass eine Gewichtsveränderung aus dem Feuchtigkeitsgehalt resultiert, untersuchten wir ferner den Feuchtigkeitsgehalt von stark sauren Kationenaustauschern in der Luft und fanden heraus, dass der Feuchtigkeitsgehalt von der adsorbierten Menge des Ammoniaks abhängt, wenn die Temperatur und die Feuchtigkeit in der Luft konstant sind.

[0063] In Luft mit variierender Temperatur und Feuchtigkeit steht der Feuchtigkeitsgehalt ebenfalls mit der Temperatur und Feuchtigkeit in der Luft in Bezug, und es wird angenommen, dass die Schwefelsäuregruppe eines stark sauren Ionenaustauschers und Wassermoleküle eine Korrelation besitzen, wies sie durch das Modell der Fig. 2 gezeigt ist. Und zwar ist die Schwefelsäuregruppe von einer Schicht von relativ stark adsorbiertem, gebundenem Wasser umgeben, welches wiederum von einer Schicht von schwächer adsorbiertem, angelagertem Wasser umgeben ist. Es kann angenommen werden, dass eine Zwischenschicht (quasi-gebundenes Wasser) zwischen der angelagerten und der gebundenen Wasserschicht existiert.

[0064] Die Menge des angelagerten Wassers variiert leicht mit der Temperatur und der Feuchtigkeit in der Luft. Auf der anderen Seite variiert die Menge des gebundenen Wassers mit der adsorbierten Menge des Ammoniaks und nimmt ab, wenn es ein Gas wie beispielsweise Ammoniak adsorbiert. Demgemäß wird die Größe dieser Abnahme vorzugsweise bei einer konstanten Temperatur und einer konstanten Feuchtigkeit, wie beispielsweise einem Reinraum, detektiert.

[0065] Da die Temperatur und die Feuchtigkeit stets bei konstanten Niveaus in einem Reinraum in der Halbleiterindustrie oder ähnlichem gesteuert werden, kann die Menge des adsorbierten Gases, wie beispielsweise Ammoniak, durch Messen des Feuchtigkeitsgehalts geschätzt werden, so dass Leistungsfähigkeit und/oder Zeitpunkt des Ersetzens eines Filters bestimmt werden können.

[0066] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Feuchtigkeitsgehalt durch Anwenden gewöhnlicher Techniken, vorzugsweise basierend auf der Reflektion von Infrarotstrahlen oder Naheinfrarotstrahlen bestimmt werden, um das Zerstören oder Kontaktieren des Filtermaterials zu vermeiden. Naheinfrarotstrahlen sind besonders bevorzugt, da sie weniger Hintergrundsignale erzeugen und relativ weniger Beschränkungen auf die Form des zu bestimmenden Objekts, z.B. kann selbst ein Faltenfilter bestimmt werden, auferlegen.

[0067] Vorzugsweise ist, wie in Fig. 8 gezeigt, eine

weiterer Vorfilter **38** in einem Aufstrom des Filterelements **14** angeordnet. Der Vorfilter **38** ist imstande, Mikropartikel, Stäube usw. zu entfernen, um eine Gewichtszunahme und einen gestiegenen Druckverlust des Filterelements **14** zu verhindern, wodurch ermöglicht wird, das Gewicht und den Druckverlust genau zu bestimmen. Darüber hinaus kann der Vorfilter ein Färben des Filterelements **14** verhindern, wodurch die Genauigkeit bei der Bestimmung durch den Infrarot/Naheinfrarotstrahl ermöglicht wird. Der Vorfilter kann oder kann nicht einen Ionenaustauscher umfassen.

[0068] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es ebenfalls vorzuziehen, den Feuchtigkeitsgehalt durch Messen des Gewichts eines chemischen Filters, wie oben beschrieben, beispielsweise in der folgenden Art und Weise zu bestimmen:

(1) Kreuzstromfilter

[0069] Es ist schwierig, das Gewicht dieses Filters kontinuierlich zu bestimmen, der ausgelegt ist, einen Strom durch das Filtermaterial hindurch zu übermitteln, und daher festgelegt ist, um ein Luftleck von anderen Teilen als dem Filter zu verhindern. Auf diese Weise wird der Filter entfernt und das Gesamtgewicht des Filters wird bestimmt. Einige Zeit und Arbeit ist erforderlich, um den Filter zu entfernen, aber dieses Verfahren ist beachtlich leichter als das gegenwärtige Verfahren, welches feuchte Analyse von Versuchsproben, die aus einem zerlegten Filter herausgeschnitten werden, beinhaltet. Außerdem wird der Filter nicht zerstört, so dass er wieder angebracht und verwendet werden kann, sofern er ausreichend Austauschrestkapazität besitzt.

[0070] Wenn das Gewicht vor dem Gebrauch bestimmt wird und eine Gewichtsveränderung zu einem Zeitpunkt während des Gebrauchs des Filters bestimmt wird, wird ein Graph der Gewichtsverlustveränderung über die Zeit hinweg erlangt, wie er in Fig. 3 gezeigt ist. Auf diese Weise kann die Zeit für das Ersetzen des Filters durch Verlängern der Linie, die die Werte vor dem Gebrauch und zu diesem Zeitpunkt verbindet, geschätzt werden, um einen vorgeschriebenen Gewichtsverlust oder eine anderen Vorgang zu erreichen.

(2) Parallelstromfilter

[0071] Der Filter kann in der gleichen Art und Weise entfernt und gewogen werden, wie sie für den Kreuzstromfilter beschrieben wurde.

[0072] Das Gewicht kann kontinuierlich bestimmt werden, da der Filterkörper und der Filterrahmen im Fall des Parallelstroms nicht dicht miteinander verbunden sein müssen.

[0073] Das Gewicht eines Filterelements kann von 1 bis 10 kg reichen und eine Gewichtsveränderung kann von ungefähr 0,05 bis 1 kg reichen. Das Gewicht kann exakt durch Anwenden von Wiegetechniken bestimmt werden, die ein Federgleichgewicht oder ein elektronisches Gleichgewicht verwenden, das das Gewicht durch Aufnehmen elektronischer Signale überwacht.

[0074] Durch Bestimmen einer Druckdifferenz zwischen einem Aufstrom und einem Abstrom des Filterelements, kann die Druckdifferenz über einen langen Zeitraum überwacht werden, um den Zeitpunkt des Ersetzens eines Filterelements zu schätzen.

[0075] In einigen Anwendungen wird eine Vielzahl von Filterelementen verwendet, und zwar in den Fällen, dass kein gleichförmiger Strom eines Gases erlangt wird; und dass die Konzentrationen der Gaskomponenten nicht gleichförmig sind. Selbst in diesen Fällen kann die Ionenaustauschkapazität jedes der Filterelemente bestimmt werden und das Filterelement, welches die meiste Ionenaustauschkapazität verbraucht hat, kann ersetzt werden.

[0076] Die Merkmale der vorliegenden Erfindung wurden hauptsächlich für den Fall beschrieben, in dem Ammoniak durch einen stark sauren Kationenaustauscher, der eine Schwefelsäuregruppe umfasst, beschrieben, jedoch können andere Gaskomponenten oder Ionenaustauscher, die andere Ionenaustauschgruppen besitzen, wie oben erwähnt ebenfalls in der vorliegenden Erfindung angewendet werden. Beispielsweise können ein schwach saurer Kationenaustauscher, der eine Carboxylgruppe enthält, ein stark basischer Anionenaustauscher, der eine quartäre Ammoniumgruppe enthält, oder ein schwach basischer Anionenaustauscher, der eine tertiäre Aminogruppe enthält, angewendet werden, um Chlorwasserstoff oder organische Säuren zu adsorbieren und zu entfernen.

[0077] Die obigen Ionenaustauscher können gemäß der vorliegenden Erfindung durch gewöhnliche Techniken vorbereitet werden, vorzugsweise als nicht-vernetzte Graft- bzw. Pfropfpolymere, insbesondere als Ionenaustauscher, die durch einen bestrahlungsinduzierten Pfropfpolymerisationsprozess vorbereitet werden.

[0078] Derartige Ionenaustauscher sind die bevorzugtesten Materialien, auf die die vorliegende Erfindung angewendet wird, da sie rasch adsorbieren und Wassermoleküle desorbieren, während die Ionenaustauschgruppe gasförmige Komponenten adsorbiert oder die Temperatur oder Feuchtigkeit variiert.

[0079] Pfropfpolymere umfassen beispielsweise Pfropfcopolymere, die ein Hauptkettenpolymer aus Polyolefin wie beispielsweise Polyethylen, Polypro-

pylen oder Ähnliche, und ein Verzweigungspolymer aus Polyglycidyl-Methacrylat (GMA), Polyacrylsäure, Polysteren oder Ähnlichem aufweist. Polyacrylsäure wird durch Polymerisation eines Monomers, das eine Ionenaustauschgruppe besitzt, erlangt; und GMA und Styren sind Monomere in die eine Ionenaustauschgruppe nach Pfropfpolymerisation eingeführt werden kann. Das Verzweigungspolymer besitzt vorzugsweise eine funktionelle Gruppe, wie beispielsweise eine Glycidyl-Gruppe, die imstande ist, eine Ionenaustauschsulfogruppe durch Reagieren mit einem Sulfit zu bilden. Styren ist vorzugsweise mit konzentrierter Schwefelsäure oder Ähnlichem sulfoniert.

[0080] Strahlung, die in dem bestrahlungs-induzierten Pfropfpolymerisationsprozess verwendet wird, besteht vorzugsweise aus γ-Strahlen und Elektronenstrahlen, die in einer geeigneten Dosis abhängig von der Natur des Hauptkettenpolymers gewählt werden können. Das mit Elektronenstrahlen behandelte Hauptkettenpolymer durchläuft eine Pfropfpolymerisationsreaktion mit einem Co- bzw. Gegenmonomer, welches das Verzweigungspolymer durch bekannte Verfahren, vorzugsweise durch Eintauchen des bestrahlten Hauptkettenpolymers in eine Comonomerlösung, bildet. Die Bedingungen für eine solche Pfropfpolymerisationsreaktion, wie beispielsweise Temperatur, Typ des Lösungsmittels in der Comonomerlösung, Konzentration des Comonomers und Reaktionszeit können geeignet gewählt werden. Der Aufpolymerisations- bzw. Pfropfgrad kann geeignet gewählt werden durch Wählen der obigen Reaktionsbedingungen oder Ähnlichem, normalerweise im Bereich von 20 bis 250%.

[0081] Die Reaktion zum Formen einer Ionenaustauschgruppe auf dem resultierenden Copolymer kann durch bekannte Verfahren geeignet ausgeführt werden.

[0082] Der Ionenaustauscher, der in einem chemischen Filter gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wird kann in der vorliegenden Erfindung in irgendeiner Form angewendet werden, wie beispielsweise durch Monofilgarn, eine Anordnung von Monofilgarnen, gewebte oder ungewebte Stoffe davon oder geformte Artikel solcher Stoffe (z.B. Filter); Pulver oder Partikel, oder bearbeitete Artikel daraus (z.B. Harz); Perlen (beads), eine Membran, eine hohle Filamentmembran oder verarbeitete Artikel daraus (z.B. ein hohles Filamentmodul); poröse Materialien wie z.B. Schaum oder verarbeitete Artikel daraus (z.B. ein Schwamm). Insbesondere sind Fasern, gewebte oder nicht-gewebte, aus Fasern gebildete Stoffe und verarbeitete Artikel daraus am meisten bevorzugt, und zwar wegen ihres leichten Gewichtes, hoher Wasseradsorptions- und -desorptionsrate, geringem Druckverlust und Formbarkeit.

BEISPIELE

[0083] Die folgenden Beispiele veranschaulichen die vorliegende Erfindung, sie sollen aber nicht den Rahmen der Erfindung beschränken.

[0084] In den folgenden Beispielen wird ein Infrarotfeuchtigkeitsmesser JE-100 der JT Engineering Inc. verwendet, um einen Feuchtigkeitsgehalt des Filterelements zu bestimmen. Der Infrarotfeuchtigkeitsmesser besitzt ein optisches System und einen Detektierteil, und das optische System besitzt eine Lichtquelle, wie beispielsweise eine Lampe, eine Linse zum Reflektieren eines Lichts von der Lichtquelle und eine weitere Linse zum Fokussieren des Lichts, sowie einen Filter. Der Detektierteil ist in der Lage ein Infrarotlicht zu detektieren, das von einer Probe reflektiert wird. Wasser besitzt ein Absorptionsbereich bei 1,2 mm, 1,45 mm und 1,94 mm im Infrarot- bis zum Naheinfrarotbereich, und der Feuchtigkeitsmesser bestimmt einen Absorptionskoeffizienten von zumindest einem der Absorptionsbereiche zum Bestimmen eines Feuchtigkeitsgehalts. Vorzugsweise kann auch ein Licht mit einer Referenzwellenlänge im Infrarot bis Naheinfrarotbereich verwendet werden, das nicht wasserempfindlich ist. Dann werden ein Licht mit der Absorptionswellenlänge und ein weiteres Licht mit der Referenzwellenlänge alternativ auf eine Probe ausgestrahlt, um ein Verhältnis der Energie von beiden reflektierten Lichtern zum Umwandeln in einen Anzeigewert davon zu erhalten.

BEISPIEL 1

Präparieren eines nicht-gewebten Stoffs aus einer stark sauren Kationenaustauschfaser

[0085] Ein nicht-gewebter Polyethylenstoff mit einer Dichte von 50 g/m^2, einer Dicke von 0,4 mm und einem Faserdurchmesser von ungefähr 20 μm wurde mit 100 kGy von Elektronenstrahlen (1 MeV, 1 mA) in einer Stickstoffatmosphäre bestrahlt. Dann wurde dieser nicht-gewebte Stoff in eine Lösung aus Glycidylmethacrylat zur Pfropfpolymerisation eingetaucht, um einen Pfropfgrad von 148% zu gewinnen. Dann wurde der Stoff in einer wässrigen Lösung von Natriumsulfit sulfoniert und mit Salzsäure regeneriert und dann getrocknet, um einen stark sauren, nicht-gewebten Kationenaustauschstoff mit einer Ionenaustauschkapazität von 2,81 meq/g zu ergeben.

Leistungsfähigkeitsbewertung mit einem Naheinfrarotfeuchtigkeitsmesser

[0086] Ein auf diese Weise vorbereiteter nicht-gewebter Stoff wurde in 10 cm × 10 cm geschnitten und wurde einem Zirkulationstest bei einem Ammoniakpegel von 1 ppm unter Verwendung eines Gaszirkulationstesters, wie in Fig. 8 gezeigt, ausgesetzt. Jedoch wurde, anders als in Fig. 8, der geschnittene

nicht-gewebte Stoff anstelle der Filteranordnung **10** verwendet, oder der Vorfilter **38** wurde nicht angeordnet. Luft mit einer Ammoniakkonzentration von 100 ppb bei einem Einlass **42** wurde mit einer Fließgeschwindigkeit von 0,05 Meter pro Sekunde hindurchgeführt. Der Test wurde in einem Reinraum durchgeführt, der bei einer konstanten Temperatur von 23°C und einer konstanten Feuchtigkeit von 55% gehalten wurde.

[0087] In Fig. 8 werden eine Luftleitung **50** und eine Mischgasleitung **60** bei einer Konvergenz **66** sich angenähert und mit einem Gasdurchlass **32** verbunden. Eine Pumpe **54** führt Luft mit einer Temperatur von 23°C und einer Feuchtigkeit von 55% in einem Reinraum in die Luftleitung **50** hinein und ein Flussmesser **56** bestimmt eine Flussrate der Luftleitung. Die Mischgasleitung **60** umfasst einen Permeator zum Einführen eines Mischgases, wie beispielsweise Ammoniak, in ein Trägergas hinein.

[0088] Ein anfänglicher Feuchtigkeitsgehalt des nicht-gewebten Stoffs, bevor der Test begann, betrug 23%. Dieser Wert wurde von der angezeigten Zahl eines Naheinfrarotfeuchtigkeitsmessers unter Verwendung einer vorläufig gezeichneten Eichkurve abgelesen. Ein anfänglicher Druckverlust vor dem Test betrug bei dem nicht-gewebten Stoff 2,63 mmH_2O. Dieser Wert wurde von einem Differenzdruckmesser **54** abgelesen. Unter Verwendung der Probeentnahmeleitungen **42**, **44** wurden die Ammoniakkonzentrationen in einem Aufstrom und einem Abstrom des Stoffs bei einem festgesetzten Intervall bestimmt. Die anfängliche Entfernungseffizienz wurde bei 99% oder mehr ermittelt. Wenn die Entfernungseffizienz unter 95% fiel, wurde die Zirkulation des Ammoniaks angehalten. Zu diesem Zeitpunkt wurde wieder der Feuchtigkeitsgehalt durch den Naheinfrarotfeuchtigkeitsmesser bestimmt, der 14% anzeigte. Der Druckverlust betrug 2,29 mmH_2O.

[0089] Dieser Filter wurde entfernt und es wurde ermittelt, dass die Ionenaustauschkapazität bei 0,8 meq/g lag. Das bedeutet, dass ungefähr 70% der Ionenaustauschkapazität verbraucht wurde, was einen korrekten Zeitpunkt für das Ersetzen des Filters erkennen ließ.

[0090] Auf diese Weise kann der Zeitpunkt für das Ersetzen eines chemischen Filters und die Information über dessen Leistungsfähigkeitsermittlung, wie beispielsweise die Entfernungseffizienz, kontinuierlich bekannt sein ohne den Filter zu zerstören, und zwar durch geeignetes Überwachen des Feuchtigkeitsgehalts des Filters mittels eines Naheinfrarotfeuchtigkeitsmessers. Auf ähnliche Weise zeigt das Ergebnis, dass ein Ersetzen des Filterelements bei Abnehmen des Druckverlusts von 2,63 mmH_2O auf 2,39 mmH_2O ausreichend ist, um eine Verschlechterung der Konzentration der Gaskomponenten am Auslass zu verhindern.

[0091] Im Übrigen kann der Feuchtigkeitsgehalt wie folgt berechnet werden:

$$\text{Feuchtigkeitsgehalt}(\%) = (w_1 - w_0)/w_0$$

wobei die Symbole in der Formel die folgende Bedeutung besitzen:

- w_1 bezieht sich auf ein Gewicht einer Probe bei Bestimmung; und
- w_0 bezieht sich auf ein Gewicht einer Trockenprobe.

BEISPIEL 2

[0092] Eine Filteranordnung **10**, wie in Fig. 9 gezeigt, wurde vorbereitet. Das Gehäuse **12** ist aus einem hochreinen Polypropylen hergestellt, wobei es die Abmessungen von 300 mm × 300 mm × 150 mm in der Tiefe besitzt. Das Filterelement **14** umfasst drei laminierte Flächenelemente des nicht-gewebten Stoffs, der aus der stark sauren Kationenaustauschfaser des Beispiels 1 hergestellt ist. Das Filterelement **14** wurde in einer gefalteten Konfiguration an dem Gehäuse **12** durch einen Klebstoff befestigt.

[0093] Diese Filteranordnung wurde an einer Fächerfiltereinheit befestigt und in dem zuvor erwähnten Reinraum bei einer Flussrate von 0,5 m^3/min betrieben.

[0094] Ein Feuchtigkeitsgehalt in einer Aufstromoberfläche des Filterelements **14** wurde durch einen Naheinfrarotfeuchtigkeitsmesser **20** bei einem vorgeschriebenen Zeitintervall bestimmt. Wenn der Feuchtigkeitsgehalt um 12% abnahm, wurde der Betrieb angehalten und die Filteranordnung wurde ersetzt. Während dieser Zeitdauer betrug der Ammoniakpegel in dem Reinraum im Durchschnitt **38** ppb und wurde bei 3 ppb oder weniger beim Filterauslass gehalten.

[0095] Die Filteranordnung **10** wurde entfernt und zerlegt. Die Ionenaustauschkapazität des Filterelements **14** wurde bestimmt, wobei sie einen Ionenaustauschkapazitätsverbrauch von im Durchschnitt 74% anzeigte, die einer Ionenaustauschrestkapazität von 26% entspricht, und der meiste Aufstromstoff in dem Filterelement zeigte einen Austauschkapazitätsverbrauch von über 80% an, was einer Ionenaustauschrestkapazität von weniger als 20% entspricht. Dies ist der geeignete Zeitpunkt, um das Filterelement zu tauschen.

[0096] Im Übrigen wurde die Ionenaustauschkapazität des Ionenaustauschers wie folgt bestimmt. Das Filterelement, d.h. der aus dem Ionenaustauscher hergestellte, nicht-gewebte Stoff wurde in eine fest-

gelegte Abmessung geschnitten. Nachfolgend wurde der geschnittene, nicht-gewebte Stoff in einen Kolben bzw. eine Flasche platziert und eine wässrige Kochsalzlösung wurde in die Flasche hinzugefügt, um den Stoff einzutauchen. Natriumionen in der Lösung tauschen sich mit Ammoniumionen und mit Wasserstoffionen aus, die Ionenbindungen mit Sulfonsäuregruppen in dem Stoff bilden, wodurch Wasserstoffionen und Ammoniumionen freigesetzt werden. Nachfolgend wurde die erhaltene Lösung durch eine wässrige Lösung Ätznatron bzw. Natriumhydroxid titriert, um eine Konzentration von Wasserstoffionen darin zu erhalten. Die Daten ermöglichen es, eine Ionenaustauschkapazität des Ionenaustauschers zu berechnen.

[0097] Auf diese Weise kann der Zeitpunkt zum Ersetzen eines chemischen Filters, der eine Vielzahl eines Ionenaustauschers und dessen Leistungsfähigkeit umfasst, wie beispielsweise die Entfernungseffizienz, kontinuierlich bestimmt werden, ohne den Filter zu zerstören oder zu kontaktieren, indem der Feuchtigkeitsgehalt des Filters mit einem Naheinfrarotfeuchtigkeitsmesser geeignet überwacht wird.

BEISPIEL 3

[0098] Ein ähnlicher gefalteter Filter, wie der der Fig. 2, wurde vorbereitet, an einer ähnlichen Fächerfiltereinheit befestigt und in einem ähnlichen Reinraum betrieben.

[0099] Das Gesamtgewicht des Filters (das gesamte Filtermaterial und der Filterrahmen), das in Gleichgewichtsbedingung nachdem es für zwei Tage und Nächte bei einer konstanten Temperatur und einer konstanten Feuchtigkeit vor dem Befestigen gestanden war, betrug 2.163 g. Das Filtermaterial wog ungefähr 1.100 g.

[0100] Der Filter wurde alle zwei Wochen entfernt und gewogen, wobei die Ergebnisse in Fig. 3 gezeigt sind. Als der Gewichtsverlust ungefähr –5% in der zehnten Woche erreichte, wurde der Betrieb angehalten und das Filterelement wurde zerlegt, um neun Proben zur Ionenaustauschkapazitätsanalyse zu sammeln. Dieser Gewichtsverlust von –5% entspricht den ungefähr 70% des geschätzten Gewichtsverlusts, wenn das Filtermaterial ungefähr 100% Ammoniak erreicht hat. Es wurde ermittelt, dass die Austauschrestkapazität der gesammelten Proben im Durchschnitt 31% betrug. D.h. 69% der Ionenaustauschkapazität wurde verbraucht, was einen korrekten Zeitpunkt für das Anhalten des Betriebs (Zeitpunkt für das Ersetzen des Filters) offenbart.

[0101] Wie das Diagramm der Fig. 3 zeigt, ist das Gewichtsverlustprofil fast linear. Auf diese Weise kann der Zeitpunkt zum Ersetzen eines Filters durch Messen eines Gewichtsverlusts nur einmal zu einem Zeitpunkt während dieses Zeitraums und durch verlängern einer Linie, die den Anfangswert und den bestimmten Gewichtsverlust verbindet, geschätzt werden. Der Zeitpunkt zum Ersetzen eines Filters kann auf diese Weise geschätzt werden, wenngleich eine kontinuierliche Bestimmung bevorzugter ist.

BEISPIEL 4

[0102] Ein ähnlicher gefalteter Filter, wie der der Fig. 2, wurde vorbereitet, an einer ähnlichen Fächerfiltereinheit befestigt und in einem ähnlichen Reinraum betrieben.

[0103] In einem Anfangsschritt, bevor ein Gas hindurchgeleitet wurde, betrug eine Druckdifferenz zwischen einem Aufstrom und einem Abstrom des Filterelements 2,74 mmH_2O. Eine Veränderung der Druckdifferenz bei Hindurchleiten eines Gases, oder ein Druckverlust über eine Zeitdauer hinweg, wurde in Fig. 10 gezeigt. Eine Ammoniakkonzentration wurde bei 70 ppb in dem Reinraum und bei weniger als 5 ppb bei dem Auslass des Filterelements beibehalten.

[0104] Wenn der Druckverlust 2,03 mmH_2O erreichte, wurde der Gasfluss angehalten. Die Filteranordnung wurde entfernt und zerlegt. Es wurde bestimmt, dass eine Ionenaustauschkapazität des Filterelements einen Verbrauch von im Durchschnitt 71% besitzt, was einer Ionenaustauschrestkapazität von 29% entspricht. Daher kann ein Druckverlust ein Indikator für das Timing des Ersetzens eines Filterelements sein.

BEISPIEL 5

[0105] 10 Filteranordnungen des Beispiels 2 wurde verwendet, um Luft mit einer Temperatur von 23°C und einer Feuchtigkeit von 55% in einem Reinraum zu reinigen. Ein anfänglicher Druckverlust betrug 8,0 mmH_2O bei einer Flussrate von 60 m^3 pro Minute. Ein anfänglicher Feuchtigkeitsgehalt der Filterelemente reichte von 21% bis 23%. Eine Ammoniakkonzentration beim Einlass reicht von 10 bis 60 ppb. Während des Betriebs der Filteranordnung war eine Ammoniakkonzentration beim Einlass stabil und unter 1 ppb.

[0106] Wenn der Druckverlust bis auf 5,2 mmH_2O abnimmt, wurde der Betrieb angehalten und der Feuchtigkeitsgehalt der zehn Filterelemente wurde durch den Naheinfrarotfeuchtigkeitsmesser bestimmt. 7 der 10 Filterelemente hatten einen Feuchtigkeitsgehalt von weniger als 15%.

[0107] Die zehn Filteranordnungen wurden entfernt und zerlegt. Es wurde bestimmt, dass die Filterelemente davon eine Ionenaustauschrestkapazität von ungefähr 30% im Durchschnitt hatten. Daher zeigt das Ergebnis, dass die Daten des Druckverlusts es ermöglichen, das Timing des Ersetzens des Filterele-

ments zu schätzen. Die Daten der Ionenaustauschrestkapazität bestätigen, dass es ausreichend ist, die sieben Filterelemente mit dem niedrigeren Feuchtigkeitsgehalt zu ersetzen.

[0108] Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, das Timing des Ersetzens eines Filterelements ohne dessen Zerstörung zu schätzen. Darüber hinaus kann, selbst wenn eine Vielzahl von Filterelementen verwendet wird, das Timing für das Ersetzen für jedes der Filterelemente geschätzt werden.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Auswertung der Leistungsfähigkeit eines chemischen Filterelements (**14**), welches zur Reinigung eines Gases Wassermoleküle enthält, wobei das Filterelement als einen Ionenaustauscher einen eine Schwefelsäuregruppe enthaltenden Kationenaustauscher, einen eine Carboxylgruppe enthaltenden Kationenaustauscher, einen eine quarternäre Ammoniumgruppe enthaltenden Anionenaustauscher oder einen eine tertiäre Aminogruppe enthaltenden Anionenaustauscher aufweist, und wobei das Verfahren die folgenden Schritte vorsieht:
Bestimmen von mindestens einem der folgenden Werte:
(a) einen Feuchtigkeitsgehalt des Filterelements,
(b) eine Druckdifferenz zwischen stromaufwärts und stromabwärts des Filterelements,
(c) ein Gewicht des Filterelements;
Vergleichen des bestimmten Werts von (a), (b) und/oder (c) mit einem dafür vorgeschriebenen Wert;
Ersetzen des Filterelements dann, wenn der bestimmte Wert gleich oder niedriger ist als der vorgeschriebene Wert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ferner der Schritt des Haltens des Filterelements auf einer vorgeschriebenen Temperatur und einer vorgeschriebenen Feuchtigkeit vor dem Bestimmungsschritt vorgesehen ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die folgenden Schritte vorgesehen sind:
Umwandeln des bestimmten Wertes eine Feuchtigkeitsgehalts oder eines Gewichts in eine Rest-Ionenaustauschkapazität des Filterelements;
Vergleichen der Rest-Ionenaustauschkapazität mit einem vorgeschriebenen Wert und
Ersetzen des Filterelements dann, wenn die Rest-Ionenaustauschkapazität gleich oder kleiner ist als der vorgeschriebene Wert.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei ferner der Schritt des Wartens einer vorgeschriebene Periode dann vorgesehen ist, wenn die Rest-Ionenaustauschkapazität größer ist als der vorgeschriebene Wert und Wiederholen des Bestimmungsschrittes, wobei der Umwandlungsschritt und der Vergleichsschritt darauffolgend auf den Warteschritt erfolgen.

5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der vorgeschriebene Wert für die Rest-Ionenaustauschkapazität im Bereich von 20% bis 40% einer anfänglichen Ionenaustauschkapazität des Filterelements liegt.

6. Verfahren nach Anspruch 3, wobei ferner der folgende Schritt vorgesehen ist:
Erhalt einer Eichkurve zwischen einem Feuchtigkeitsgehalt oder einem Gewicht des Filterelements und einer Rest-Ionenaustauschkapazität des Filterelements;
wobei der Umwandlungsschritt die Verwendung der Eichkurve umfasst.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Bestimmungsschritt die folgenden Schritte aufweist:
Bestrahlung mit einem Infrarotstrahl und/oder einem Nahe-Infrarotstrahl auf eine Oberfläche des Filterelements; und
Detektieren des von der Oberfläche des Filterelements reflektierten Infrarotstrahls oder Nahe-Infrarotstrahls.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ferner die folgenden Schritte vorgesehen sind:
Erhalt einer Eichkurve zwischen einer Rest-Ionenaustauschkapazität des Filterelements und einer Druckdifferenz zwischen einer stromaufwärts gelegenen Stelle und einer stromabwärts gelegenen Stelle des Filterelements,
wobei der Umwandlungsschritt die Verwendung der Eichkurve aufweist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Ionenaustauscher eine Ionenaustauschgruppe mit starker Säure oder starker Basizität besitzt.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Ionenaustauscher durch bestrahlungsinduzierte Pfropfpolymerisation hergestellt ist.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

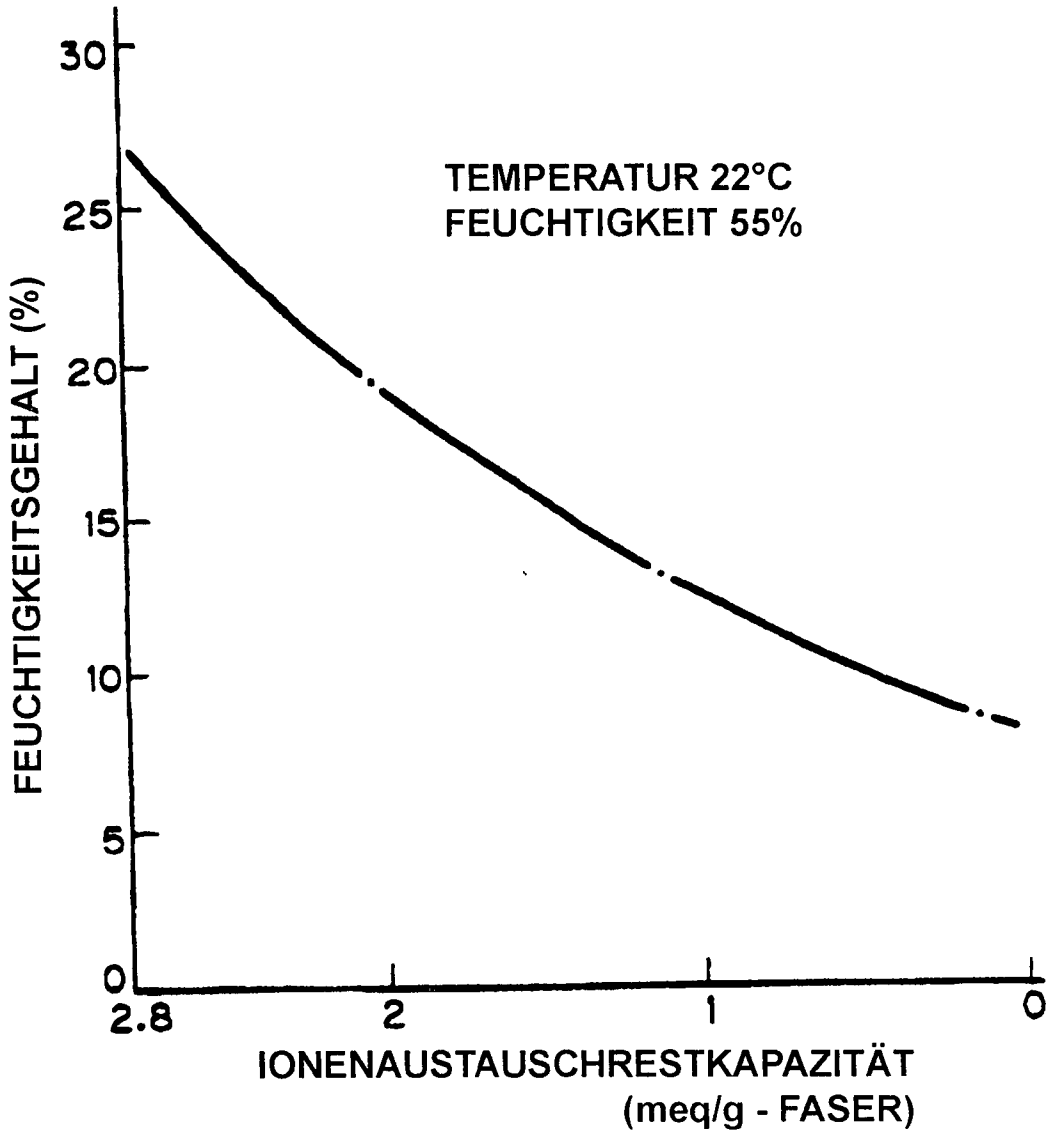
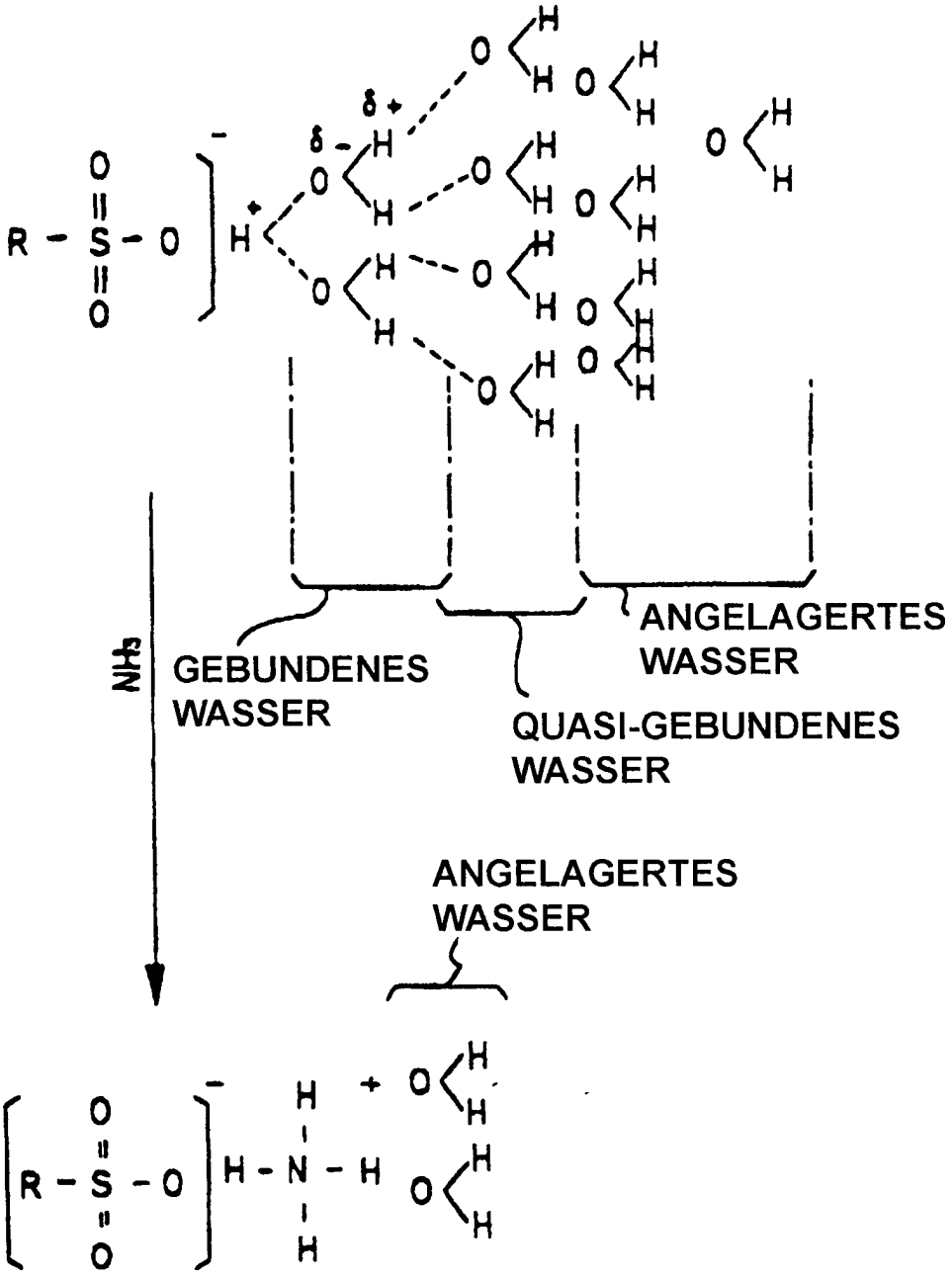
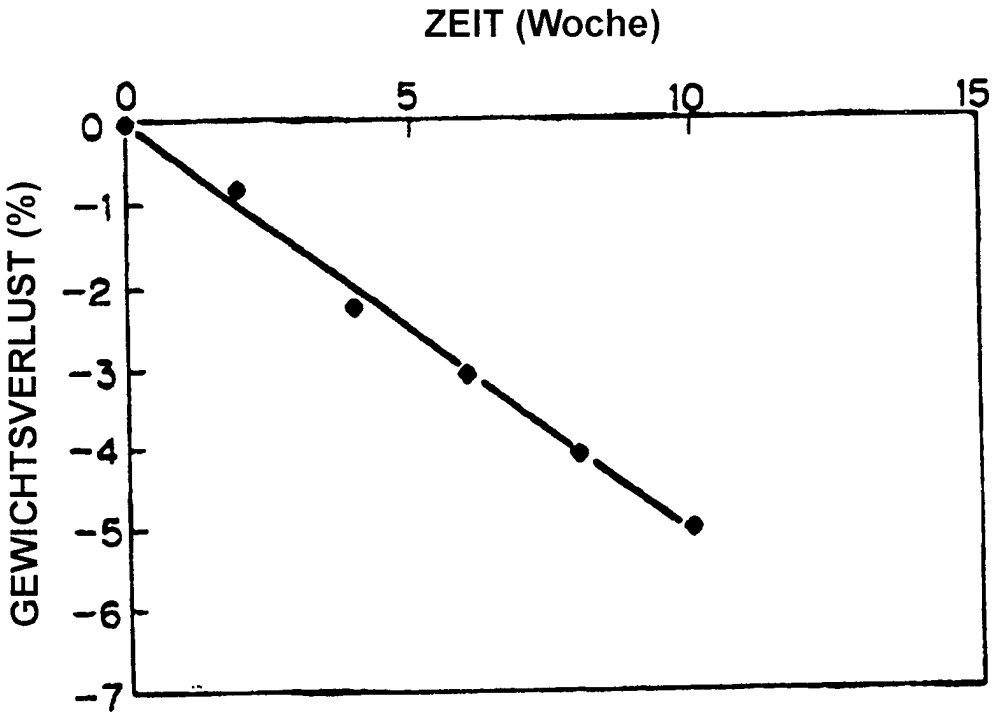


Fig. 2


NH3
GEBUNDENES WASSER
QUASI-GEBUNDENES WASSER
ANGELAGERTES WASSER
ANGELAGERTES WASSER

Flg. 3



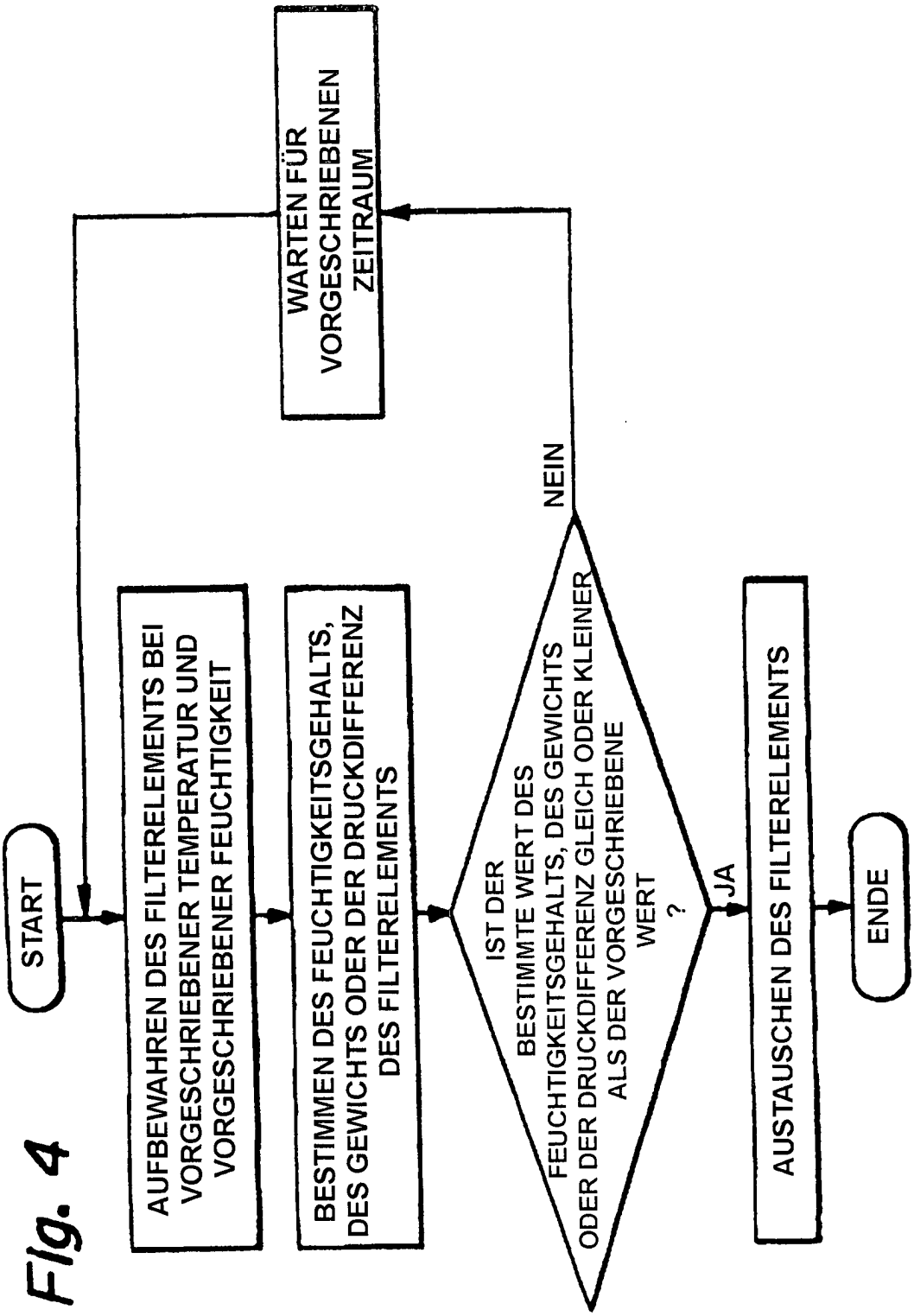

START
AUFBEWAHREN DES FILTERELEMENTS BEI VORGESCHRIEBENER TEMPERATUR UND VORGESCHRIEBENER FEUCHTIGKEIT
BESTIMMEN DES FEUCHTIGKEITSGEHALTS, DES GEWICHTS ODER DER DRUCKDIFFERENZ DES FILTERELEMENTS
IST DER BESTIMMTE WERT DES FEUCHTIGKEITSGEHALTS, DES GEWICHTS ODER DER DRUCKDIFFERENZ GLEICH ODER KLEINER ALS DER VORGESCHRIEBENE WERT ?
NEIN
JA
WARTEN FÜR VORGESCHRIEBENEN ZEITRAUM
AUSTAUSCHEN DES FILTERELEMENTS
ENDE

Fig. 4

Fig. 5

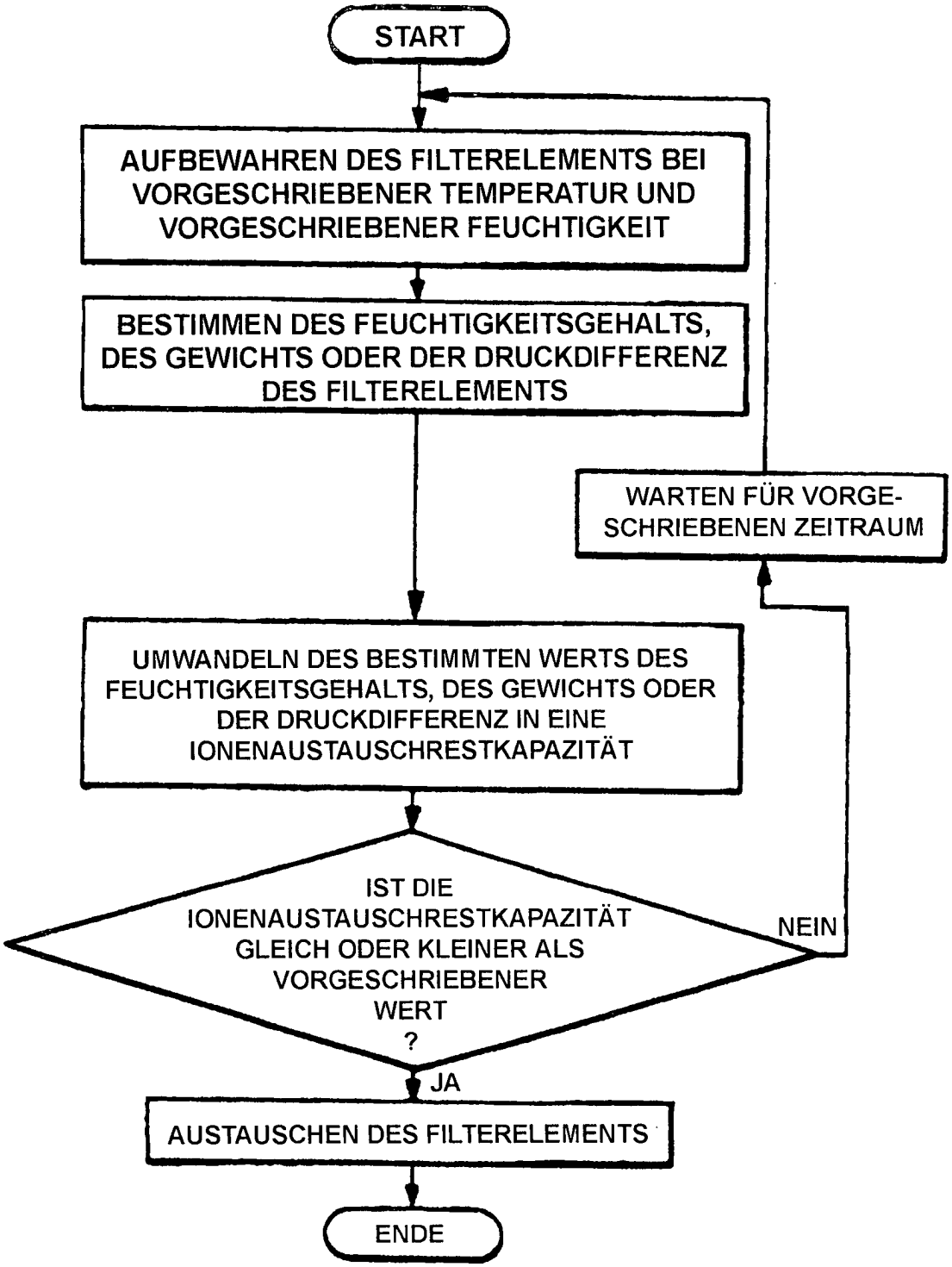

START
AUFBEWAHREN DES FILTERELEMENTS BEI VORGESCHRIEBENER TEMPERATUR UND VORGESCHRIEBENER FEUCHTIGKEIT
BESTIMMEN DES FEUCHTIGKEITSGEHALTS, DES GEWICHTS ODER DER DRUCKDIFFERENZ DES FILTERELEMENTS
WARTEN FÜR VORGE-SCHRIEBENEN ZEITRAUM
UMWANDELN DES BESTIMMTEN WERTS DES FEUCHTIGKEITSGEHALTS, DES GEWICHTS ODER DER DRUCKDIFFERENZ IN EINE IONENAUSTAUSCHRESTKAPAZITÄT
IST DIE IONENAUSTAUSCHRESTKAPAZITÄT GLEICH ODER KLEINER ALS VORGESCHRIEBENER WERT ?
NEIN
JA
AUSTAUSCHEN DES FILTERELEMENTS
ENDE

Fig. 6

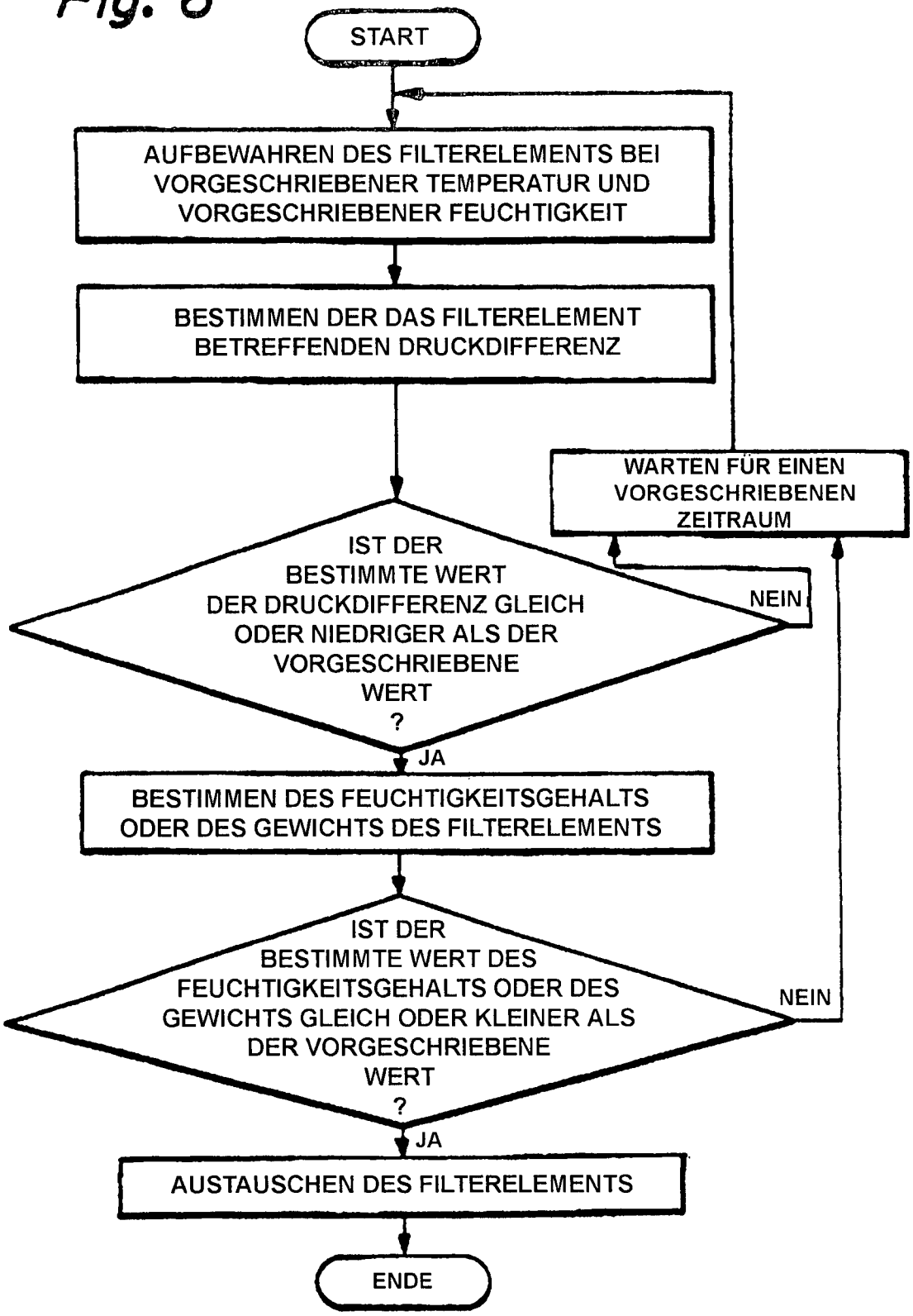
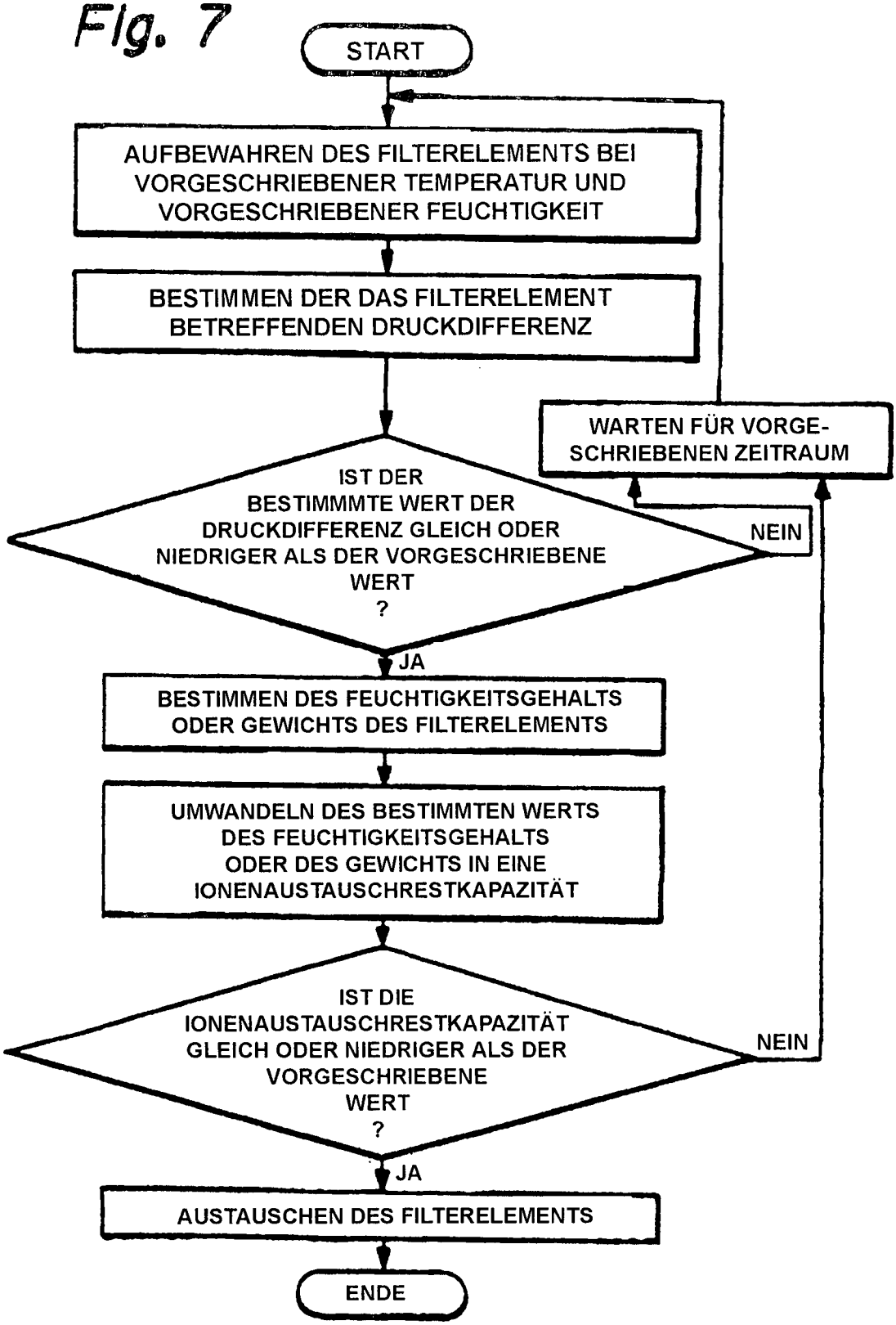

START
AUFBEWAHREN DES FILTERELEMENTS BEI VORGESCHRIEBENER TEMPERATUR UND VORGESCHRIEBENER FEUCHTIGKEIT
BESTIMMEN DER DAS FILTERELEMENT BETREFFENDEN DRUCKDIFFERENZ
WARTEN FÜR EINEN VORGESCHRIEBENEN ZEITRAUM
IST DER BESTIMMTE WERT DER DRUCKDIFFERENZ GLEICH ODER NIEDRIGER ALS DER VORGESCHRIEBENE WERT ?
NEIN
JA
BESTIMMEN DES FEUCHTIGKEITSGEHALTS ODER DES GEWICHTS DES FILTERELEMENTS
IST DER BESTIMMTE WERT DES FEUCHTIGKEITSGEHALTS ODER DES GEWICHTS GLEICH ODER KLEINER ALS DER VORGESCHRIEBENE WERT ?
NEIN
JA
AUSTAUSCHEN DES FILTERELEMENTS
ENDE

Fig. 7


START
AUFBEWAHREN DES FILTERELEMENTS BEI VORGESCHRIEBENER TEMPERATUR UND VORGESCHRIEBENER FEUCHTIGKEIT
BESTIMMEN DER DAS FILTERELEMENT BETREFFENDEN DRUCKDIFFERENZ
WARTEN FÜR VORGE-SCHRIEBENEN ZEITRAUM
IST DER BESTIMMMTE WERT DER DRUCKDIFFERENZ GLEICH ODER NIEDRIGER ALS DER VORGESCHRIEBENE WERT ?
NEIN
JA
BESTIMMEN DES FEUCHTIGKEITSGEHALTS ODER GEWICHTS DES FILTERELEMENTS
UMWANDELN DES BESTIMMTEN WERTS DES FEUCHTIGKEITSGEHALTS ODER DES GEWICHTS IN EINE IONENAUSTAUSCHRESTKAPAZITÄT
IST DIE IONENAUSTAUSCHRESTKAPAZITÄT GLEICH ODER NIEDRIGER ALS DER VORGESCHRIEBENE WERT ?
NEIN
JA
AUSTAUSCHEN DES FILTERELEMENTS
ENDE

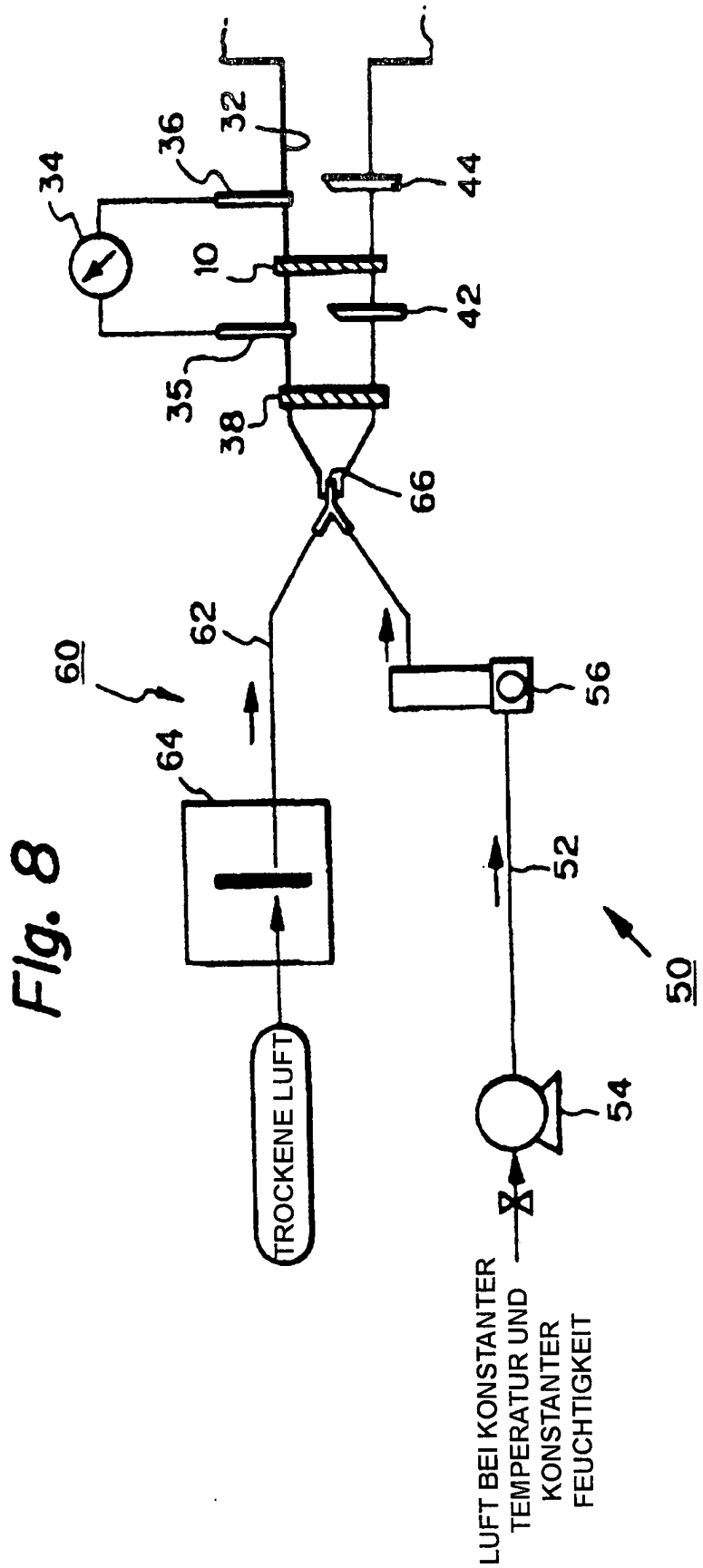

34
36
32
44
10
42
35
38
66
62
60
64
56
52
50
54
TROCKENE LUFT
LUFT BEI KONSTANTER TEMPERATUR UND KONSTANTER FEUCHTIGKEIT

Fig. 8

Fig. 9

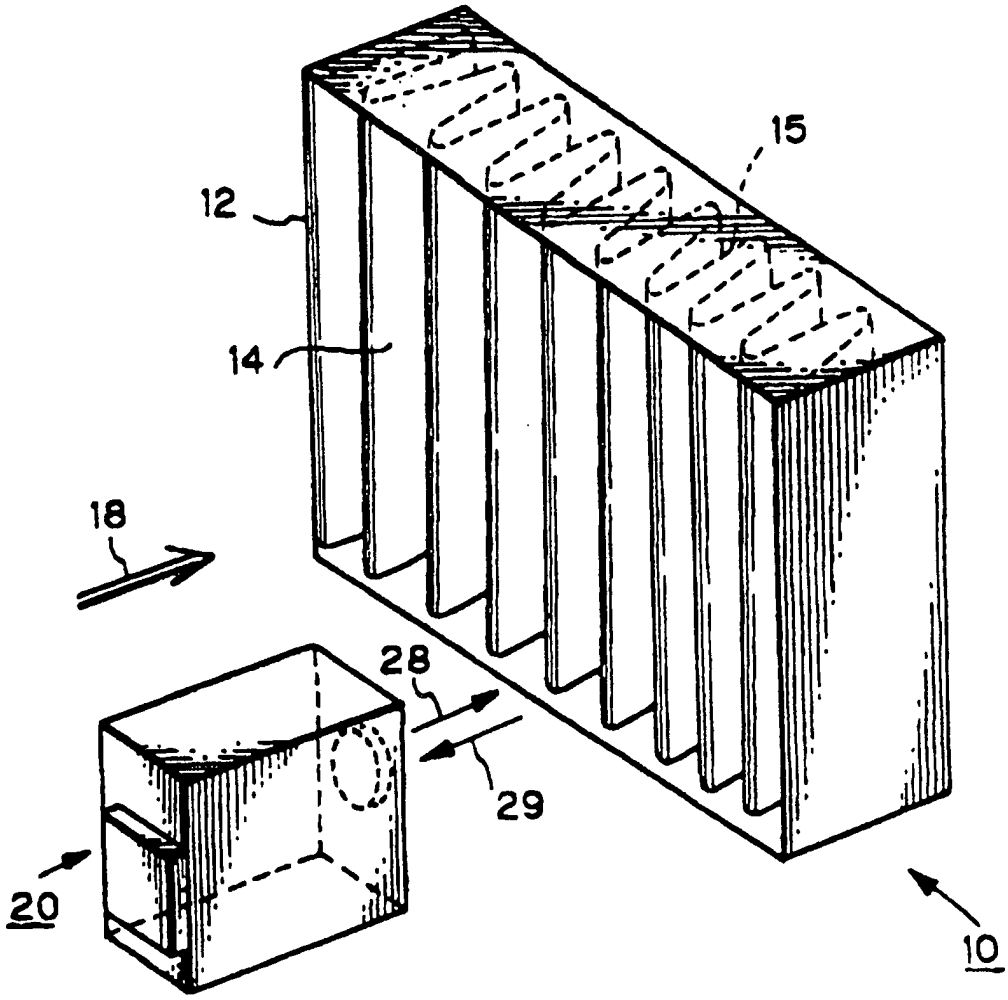
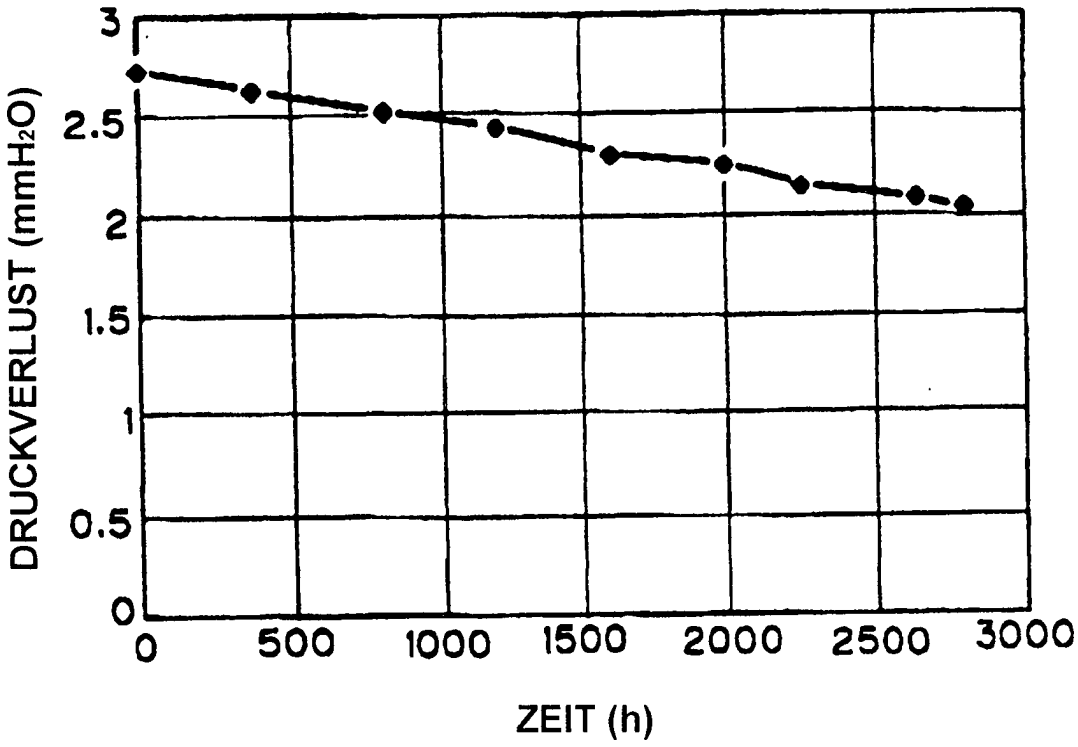


Fig. 10


DRUCKVERLUST (mmH2O)
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
ZEIT (h)