



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 03 062 T2 2004.04.08

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 222 661 B1

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: G11B 33/14

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 03 062.8

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US00/26127

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 965 354.4

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 01/022422

(86) PCT-Anmeldetag: 22.09.2000

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 29.03.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 17.07.2002

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 28.05.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 08.04.2004

(30) Unionspriorität:

405495 24.09.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT, SE

(73) Patentinhaber:

Gore Enterprise Holdings, Inc., Newark, Del., US

(72) Erfinder:

AZARIAN, H., Michael, Wallingford, US;

MANIYATTE, Jacob, Elkton, US

(74) Vertreter:

Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(54) Bezeichnung: STARRE MULTIFUNKTIONALE FILTERVORRICHTUNG

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 eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

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

## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Gerät zum Filtern von Feststoff- und Dampfphasenverschmutzungen aus einer eingeschlossenen Umgebung, beispielsweise aus elektronischen oder optischen Bauelementen, die anfällig für Verunreinigungen sind (zum Beispiel Computer-Plattenlaufwerke).

### Hintergrund der Erfindung

[0002] Zahlreiche Gehäuse, die empfindliche Instrumente enthalten, müssen, um richtig zu funktionieren, sehr saubere Umgebungen aufweisen. Beispiele hierfür beinhalten: Gehäuse mit empfindlichen optischen Flächen oder elektronische Verbindungen, die empfindlich für teilchenförmige und gasförmige Verunreinigungen sind, die möglicherweise den mechanischen, optischen oder elektrischen Betrieb stören; Datenaufzeichnungsgeräte wie zum Beispiel Computer-Festplattenlaufwerke, die empfindlich für Partikel, organische Dämpfe und korrosive Dämpfe sind; Gehäuse für die Verarbeitung, den Transport und die Speicherung von Dünnschichten und Halbleiter-Wafern; und elektronische Steuerkästen, wie sie in Kraftfahrzeugen und industriellen Anwendungen eingesetzt werden, die empfindlich für Partikel, Feuchtigkeitsansammlung und Korrosion sowie für Kontaminierung aus Fluiden und Dämpfen sind. Die Kontaminierung derartiger Gehäuse hat ihren Ursprung sowohl im Inneren als auch auf der Außenseite der Gehäuse. Bei Computer-Festplattenlaufwerken zum Beispiel können Schäden durch externe Verunreinigungen ebenso entstehen wie durch Partikel und Entgasungen aus internen Quellen. Die Begriffe "Festlaufwerke" oder "Festplattenlaufwerke" oder "Plattenlaufwerke" oder "Laufwerke" werden hier aus Zweckmäßigsgründen verwendet und beinhalten sämtliche der oben angesprochenen Gehäuse.

[0003] Ein ernstzunehmender, mit Verunreinigungen zusammenhängender Ausfallmechanismus bei Computer-Plattenlaufwerken ist statische Reibung oder "Stiction". Diese resultiert aus einem gesteigerten Haften eines Antriebskopfs an einer Platte, während die Platte stillsteht, hinzukommt der viskose Zug parallel zur Grenzfläche zwischen Kopf und Platte. Neuere Platten mit hoher Aufzeichnungsdichte sind empfindlicher für durch Kontaminierung verursachte Stiction, weil sie glatter sind und lediglich dünne Gleitmittelschichten vorhanden sind. Kontaminierungen der Platte ändern die Oberflächenenergie und die Adhäsionskräfte zwischen dem Kopf und der Platte, was zu Stiction führt. Außerdem können Dämpfe, die in dem Spalt zwischen Kopf und Platte kondensieren, Stiction verursachen. Zusätzlich zu gesteigerten Leistungsanforderungen zum Hochfahren des Laufwerks können Stictionskräfte eine bleibende mechanische Verformung der Kopfaufhängung und der Kardan-Anordnungen verursachen. Letztere wurden extrem anfällig für geringe Kräfte, nachdem kleinere Luftlager-Gleitstücke mit geringeren Belastungen eingeführt wurden, die von dünneren Strukturelementen bei der Aufhängung und der Kardan-Anordnung Gebrauch machen, um die Gleitstück-Schwimmhöhen und -Lagen mit extremer Genauigkeit aufrecht zu erhalten. Diese Effekte noch weiter steigernde Umstände sind neuere Motoren mit geringerer Energie und niedrigerem Drehmoment, die bei kleineren Laufwerken für tragbare Rechner eingesetzt werden.

[0004] Das Kondensieren von flüchtigen organischen Verunreinigungen (sogenannte VOCs; volatile organic contaminants) auf Magnetkopf- und Plattenoberflächen steigern die physikalische Trennung von Kopf und Medium, was zu Signalverlusten und erhöhten Datenfehlern führt. Dies gilt in gesteigertem Maß, wenn die lineare Bitdichte weiterhin in halsbrecherischem Tempo ansteigt. Das Ansammeln von schweren VOCs auf den kritischen Luftlageroberflächen des Kopfgleitstücks kann über den Transfer von der viel größeren Plattenoberfläche her zu einer Destabilisierung der Schwimmdynamik des Gleitstücks ebenso führen wie zu signifikanten Signalverlusten. Die Wechselwirkung zwischen VOCs und Platten-Gleitmittel kann zu einer chemischen Beeinträchtigung des Gleitmittels führen, insbesondere in den Zeitspannen der Berührung zwischen Kopf und Platte und bei den damit einhergehenden erhöhten Temperaturen. Dies kann zu dem Aufbau von viskosen Reaktionsprodukten mit hohem Molekulargewicht auf der Plattenoberfläche führen, die nicht in der Lage sind, örtlich begrenzte Zonen von Gleitmittelverarmung aufzufüllen. Andere Verschleißprodukte können flüchtig sein und dauernd von der Grenzfläche zwischen Kopf und Platte verschwinden. Diese Prozesse können schließlich zu einem erhöhten Verschleiß des Kopfs oder der Plattenoberflächen, zu erhöhter Stiction, höheren Fehlerraten und schließlich zu einer verringerten Lebensdauer des Laufwerks führen.

[0005] Saure Gase, die in Schadstoffen und Smog ebenso weit verbreitet sind wie in industriellen Umgebungen, können besonders schädliche Wirkungen auf Laufwerks-Zuverlässigkeit haben, wenn sie innerhalb des Laufwerks zirkulieren können. Diese Verbindungen adsorbieren sich an Kopf- und Plattenoberflächen und korrodieren freiliegende Metallschichten durch galvanische Reaktion in Beisein von Wasser. Außerdem können sie mittels Feuchtigkeit durch Nadellöcher in Schutzmühllungen am Kopf und an der Platte transportiert werden. Korrosion führt typischerweise zu einem Verlust magnetischer Eigenschaften sowie zur Ansammlung von Reaktionsprodukten auf empfindlichen Oberflächen.

[0006] Weitere ernsthafte, durch Kontaminierung verursachte Ausfallmechanismen bei Computer-Plattenlaufwerken sind Kopfbrüche. Kopfbrüche können dann auftreten, wenn Partikel in die Grenzschicht zwischen Kopf und Platte gelangen.

[0007] Neuere Laufwerke für hohe Aufzeichnungsdichte haben Schwimmhöhen oder einen Abstand von 30 nm oder weniger zwischen dem Kopf und der Platte während des Betriebs, wobei solche Platten typischerweise mit 5400 Umdrehungen pro Minute oder mehr laufen. Selbst Submikrometer-Partikel können ein Problem darstellen, wenn sie dazu führen, daß der Kopf in den Partikel oder in die Platte fährt, nachdem er über einen Partikel gefahren ist, wodurch das Laufwerk in einen abrupten Fehlerzustand gelangt. Partikel, die keinen Kopfbruch verursachen, können dennoch schädlich für die Daten-Integrität und die mechanische Zuverlässigkeit eines Laufwerks sein. Kleine und harte anorganische Partikel können zu Verschleiß eines Kopfs oder einer Platte führen, was dann zu einem dauernden Signalverlust, einer Beeinträchtigung der Schutzbeschichtungen und zur Erzeugung von weiterem Schmutz führt. Der Verschleiß von Kohlenstoffbeschichtungen an dem Kopf oder der Platte kann die Korrosion empfindlicher Schichten durch die Einwirkung von Feuchtigkeit, sauren Gasverunreinigungen und erhöhten Grenzflächentemperaturen beschleunigen. Das Einpflügen von kleinen harten Partikeln in die Plattenoberfläche kann Kratzer, Rauhigkeiten oder Ansammlungen von Plattenmaterial hervorrufen. Derzeitige Magnetkopf-Technologien unter Verwendung von magnetoresistiven Elementen (MR-Elementen) zum Erfassen eines magnetischen Flusses, der von der Platte stammt, sind sehr empfindlich für Übergangstemperatur-Abweichungen, verursacht durch die Wechselwirkung zwischen dem Kopf und Rauhigkeiten oder haftenden Partikeln an der sich rasch bewegenden Platte. Die dadurch resultierende Änderung des Widerstands des MR-Elements wird möglicherweise fehlinterpretiert als magnetisches Signal, was zu Datenfehlern führt. Dieses Phänomen ist in der Industrie bekannt und wird bezeichnet als thermische Rauigkeit.

[0008] Darüber hinaus müssen Plattenlaufwerke gegen eine große Anzahl von Verunreinigungen in der Umgebung geschützt werden, welche in das Laufwerk eindringen. Dies gilt für Laufwerke, die in Computersystemen kleinerer bis mittlerer Baugröße verwendet werden, die möglicherweise nicht in der typischen Datenverarbeitungsumgebung eingesetzt werden, wobei dies insbesondere für Laufwerke gilt, die abkoppelbar und transportierbar sind in jeder beliebigen Umgebung, beispielsweise Plattenlaufwerke, wie sie für Laptops oder in PCMCIA-Aufnahmeschlitten verwendet werden.

[0009] Bekannt sind Filtereinrichtungen, die dazu dienen, das Eintreten von Partikeln in derartige Gehäuse zu verhindern. Sie können aus einem Filtermedium bestehen, welches von einem Polycarbonat, Acrylonitril-Butadiensyntrol-(ABS-)Gehäuse oder durch Gehäuse aus irgendeinem anderen Werkstoff gehalten werden, sie können aber auch aus einem Filtermedium in Form einer selbstklebenden Scheibe unter Verwendung einer oder mehreren Schichten von druckempfindlichem Klebstoff bestehen. Diese Einrichtungen werden über ein Entlüftungsloch in dem Gehäuse angebracht und abgedichtet, um teilchenförmiges Material aus der in das Laufwerk eintretenden Luft auszufiltern. Die Filterleistung hängt nicht nur von dem einen hohen Filterwirkungsgrad aufweisenden Filter ab, sondern auch davon, daß der Filter einen geringen Luftströmungswiderstand besitzt, so daß ungefilterte Luft nicht durch eine Dichtung oder einen Saum anstatt durch das Filter in das Gehäuse gelangt. Derartige Filter funktionieren gut bei Partikel aus externen Quellen, lösen aber nicht das Problem der Verunreinigungen in Form von Dämpfen.

[0010] Es sind außerdem adsorbierende Belüftungsfilter bekannt, die Teilchen und Dämpfe an einem Eintritt in Gehäuse hindern. Hergestellt werden können sie, indem man eine Patrone aus Polycarbonat, ABS oder einem ähnlichen Werkstoff mit einem Adsorptionsmittel füllt und Filtermedien an beiden Enden der Patrone anbringt. Beispiele für derartige Filter sind in den folgenden US-Patenten beschrieben: US-A-4 863 499 von Osendorf (eine chemische Antidiffusions-Belüftungsanordnung für Plattenlaufwerke mit Filtermedien, die eine mit Aktivkohle-Granulat imprägnierte Schicht besitzen); US-A-5 030 260 von Beck et al. (ein Plattenlaufwerk-Belüftungsfilter mit einer Anordnung mit verlängertem Diffusionsweg); US-A-5 124 856 von Brown et al. (ein einheitliches Filtermedium mit mittels Aktivkohle imprägnierten Filtern zum Schutz gegen organische und korrosive Verunreinigungen); und US-A-5 447 695 von Brown et al. (chemische Belüftungsfilteranordnung). Unerwarteterweise sind zahlreiche dieser Anordnungen zu groß und zu platzraubend für moderne miniaturisierte Laufwerke. Auch sie filtern lediglich Partikel und dampfförmige Verunreinigungen aus eintretender Luft, wenngleich etwas von der Innenluft von intern erzeugten dampfförmigen Verunreinigungen befreit werden kann, da die Filter sich im Inneren des Laufwerks befinden und diese Verunreinigungen in die adsorbierenden Bereiche des Filters hineindiffundieren. Keiner dieser Filter sorgt für die Beseitigung interner Partikel aus der Luft.

[0011] Außerdem kennt man einen zweiten Kombinations-Abluftfilter mit Adsorptionsmittel, bei dem das Adsorptionsmittel eingekapselt ist, beispielsweise in Form einer Kompositsschicht aus mit Aktivkohle imprägniertem Polytetrafluorethylen (PTFE) zwischen zwei Filtermedium-Schichten, wobei sich in der Umschließung ein Loch mit einer Schicht eines druckempfindlichen Klebstoffs befindet. Diese Filter arbeiten gut und haben eine Größe, die sich für moderne kleine Laufwerke eignet, sind aber typischerweise so ausgebildet, daß Luft gefiltert wird, die in das Laufwerk eintritt. Damit soll das Adsorptionsmittel typischerweise sowohl organische als auch korrosive Dämpfe aus der Außenumgebung adsorbieren und Teilchen nur aus der Luft filtern, die in das Lauf-

werk eintreten oder es verlassen. Intern erzeugte Dämpfe können von diesen Filtern adsorbiert werden, häufig aber werden sie in Verbindung mit einem weiteren internen Adsorptionsmittel eingesetzt, so daß eine kleinere Baugröße erreicht wird. Aus diesem Grund enthalten diese Filter nicht genügend Adsorptionsmittel, um in angemessener Weise sämtliche intern erzeugten Verunreinigungen zu adsorbieren. Auch hier werden im Inneren des Laufwerks Partikel freigesetzt, die von derartigen Filtern nicht typischerweise eingefangen werden.

[0012] Ein Diffusionsrohr kann mit entweder dem Partikel-Belüftungsfilter oder einem Adsorptions-Belüftungsfilter gemäß dem US-Patent 5 417 743 von Dauber bestückt sein. Diffusionsrohre liefern einen zusätzlichen Schutz gegen dampfförmige Verunreinigungen (eingeschlossen Feuchtigkeit), die in das Laufwerk durch die Belüftungsöffnung hindurch eintreten, indem sie eine Diffusionssperre in der Form des Diffusionsrohrs bilden, die einen verwinkelten und längeren Weg für die Luft bis zum Erreichen des Laufwerkgehäuses darstellt. Diffusionsrohre verringern die Anzahl von Verunreinigungen, die das Innere des Gehäuses erreichen (und/oder das Adsorptionsmittel erreichen, abhängig von der Lage des Filters), und sie steigern die Diffusionszeitkonstanten oder die Zeit, die erforderlich ist, um ein chemisches Gleichgewicht bezüglich der Umgebung zu erreichen. Im vorliegenden Zusammenhang bedeutet der Begriff "Diffusionsrohr" entweder einen gewundenen Weg oder einen nicht gewundenen Hohlraum, in den ankommende Luft gelangt, bevor sie in den Filter eintritt.

[0013] Interne Partikelfilter oder Umwälzfilter sind ebenfalls bekannt. Diese Filter sind typischerweise Stücke eines Filtermediums, beispielsweise in Form einer Membran aus expandiertem PTFE, auflaminert auf ein Polyestervlies-Trägermaterial, oder "kopfkissenförmige" Filter, die Elektret-Filtermittel enthalten (das heißt elektrostatische Filtermittel). Sie werden im Preßsitz in Schlitze oder "C"-Kanäle eingesetzt und werden in einem aktiven Luftstrom plaziert, beispielsweise nahe drehender Scheiben in einem Computer-Festplattenlaufwerk oder vor einem Gebläse in elektronischen Steuergeräten etc. Alternativ können die Umwälz-Filtermedien in einen Kunststoffrahmen eingefäßt werden. Diese Filter arbeiten gut, wenn es um die Beseitigung von intern erzeugten Partikeln geht, sie behandeln jedoch nicht das Problem von Dampfphasenverunreinigung, noch können sie einen ultimativen Schutz gegen das Eindringen von externen Partikeln in das Laufwerk bieten.

[0014] Bekannt sind außerdem interne Adsorptionsmittel-Filter. Ein Beispiel hierfür ist in dem US-Patent 4 830 643 von Sassa et al. beschrieben. Dieses Patent zeigt einen Adsorptionsfilter, bei dem ein pulverisiertes, granulatförmiges oder perlenförmiges Adsorptionsmittel oder ein Adsorptionsmittelgemisch in einem Außenschlauch aus expandiertem PTFE eingekapselt ist. Dieser Filter wird hergestellt von W. L. Gore & Associates, Inc., Elkton, Maryland, er ist im Handel unter der Handelsbezeichnung GORE-SORBER®-Modul erhältlich. Während dieser Filter in hohem Maße effektiv ist beim Einsammeln von Dampfphasen-Verunreinigungen, so steht er doch derzeit nur mit großen und mittleren Filtervolumina bis hinunter zu etwa 3 cm<sup>3</sup> zur Verfügung. In seiner derzeitigen Form ist dieser Filter nicht in der Lage, dem wachsenden Bedarf an noch kleineren und noch kompakteren Adsorptionsfiltern gerecht zu werden, noch ist er ausgelegt für das Filtern der internen Luft mit teilchenförmiger Verunreinigung. Eine zweite bekannte interne Adsorptionsmittelanordnung beinhaltet eine Schicht aus einem Adsorptionsmittel, beispielsweise in Form eines Aktivkohle/PTFE-Verbundmaterials zwischen einer eingekapselten Filterschicht und einer Schicht aus einem druckempfindlichen Klebstoff, welches dazu beiträgt, das Adsorptionsmittel einzukapseln und auch ein Mittel zum Halten der Adsorptionsanordnung an einer Innenwand des Gehäuses darstellt. Ein solcher Filter ist in dem US-Patent 5 593 482 von Dauber et al. beschrieben. Auch hier zielt keiner dieser Filter auf teilchenförmige Verunreinigungen ab. Eine dritte interne Adsorptionsmittelanordnung beinhaltet eine Schicht aus einem Adsorptionsmittel, beispielsweise in Form eines Aktivkohle/PTFE-Verbundstoffs zwischen zwei Filtermedium-Schichten, oder alternativ eingewickelt in eine Filtermedium-Schicht, wobei die Anordnung zwischen Schlitten oder "C"-Kanälen ähnlich wie ein Umwälzfilter installiert werden kann, allerdings ohne starken wirklichen Luftstrom durch den Filter hindurch. Ein solcher Filter ist in dem US-Patent 5 500 038 von Dauber et al. beschrieben, und wie die übrigen erläuterten Filter besitzt auch dieser Aufbau keine signifikante Einfangmöglichkeit für Partikel.

[0015] Wie oben angegeben wurde, arbeiten all diese internen Adsorptionsmittelfilter gut, soweit es um die Adsorption von Dampfphasenverunreinigungen geht, allerdings filtern sie nicht sehr gut Partikel. Sie können Partikel mittels eines gewissen Aufpralls der Partikel auf den Filter sammeln (das heißt, indem die größeren Partikel mit dem Adsorptionsmaterial zusammenprallen oder kollidieren, wenn mit Partikeln beladene Luft schnell um diese Filter herumströmt), oder sie können die Partikel durch Diffusion von Partikeln am Filter einfangen. Allerdings liegt die Leistung dieser Filter nicht in der Nähe der Leistung von Standard-Umwälzfiltern, die durch eine Kombination aus Siebung (mechanisches Einfangen von Partikeln, die zu groß sind, um durch die Porenstruktur des Filters zu gelangen), Aufschlag (Einfangen von Partikeln, die zu groß sind, um den umgelenkten Luftströmen um die Filter oder die Filterfasern folgen zu können), Auffangen (Einfangen von Partikeln), die die Neigung haben, den Luftströmen zu folgen, jedoch groß genug sind, um noch eine Filterfaser abzufangen (oder, anders ausgedrückt, solche Partikel mit einem Durchmesser gleich oder kleiner dem Abstand zwischen der Faser und der Luftstromlinie), und Diffusion (Einfangen von kleineren Partikeln, die um Luftmoleküle in einem Zufallsmuster gruppiert sind und in Berührung mit einer Filterfaser gelangen und dadurch eingesammelt werden).

[0016] Ein im Handel erhältliches Adsorptionsmittel-Umwälzfilter, beziehbar von der Donaldson Company, beinhaltet Aktivkohleperlen, die auf einen Vlies-Träger geklebt sind, der sandwichartig zwischen zwei Schichten aus Elektret-Filtermaterial und zwei Schichten eines Kunststoff-Trägersiebs angeordnet ist. Dieser Filter sorgt für einen gewissen Adsorptionsmittelschutz bei Opferung einer gewissen Effektivität bei der internen Partikelfiltrierung, da dieser Aufbau offenbar den Widerstand gegen die Luftströmung durch den Filter im Vergleich zu einem herkömmlichen Umwälzfilter erhöht. Die adsorbierende Fähigkeit ist allerdings begrenzt, beispielsweise aufgrund der Einschränkungen der Filtergröße und der Sperrung der Adsorptionsmitteloberfläche durch den Klebstoff, der den Kohlenstoff an dem Träger hält. Außerdem filtert dieser Filter keine Partikel aus in das Laufwerk eintretender Luft.

[0017] Ein weiterer Gesichtspunkt bei modernen Laufwerken ist die Verunreinigung durch korrosive Ionen wie zum Beispiel Chlor und Schwefeldioxid. Um diese Verbindungen zu adsorbieren, wird das Adsorptionsmittel typischerweise mit einem Salz behandelt, um die Verunreinigungen chemisch zu beseitigen. Würden die im vorhergehenden Absatz erläuterten Filter in deionisiertem Wasser gewaschen, so würden große Mengen dieser Salze freigesetzt, was für heutige empfindliche Umgebungen von Plattenlaufwerken nicht akzeptierbar ist. Ein alternatives waschbares Adsorptionsmittel-Umwälzfilter ist in dem US-Patent 5 538 545 von Dauber et al. beschrieben, wobei Membranen aus expandiertem PTFE oder anderen hydrophoben Stoffen zum Einkapseln des Adsorptionsmittels dienen. Allerdings filtern diese Filter keine Luft, wenn diese in das Laufwerk eintritt, bevor überhaupt die Chance besteht, daß Partikel sich absetzen und das Laufwerk beschädigen.

[0018] Es wurden Kombinationen aus mehreren Filtern mit verschiedenen Funktionen in einem einzelnen Laufwerk vorgeschlagen. Beispielsweise beschreibt das US-Patent 5 406 431 von Beecroft ein Filtersystem für ein Plattenlaufwerk, welches ein Adsorptionsmittel-Belüftungsfilter und ein Rezirkulationsfilter an speziell gekennzeichneten Stellen innerhalb des Laufwerks enthält. Außerdem zeigt das US-Patent 4 633 349 von Beck et al. eine Plattenlaufwerk-Filteranordnung mit einem Doppelmedium-Trommelfilterelement in einer Umwälzfilteranordnung, die ein Belüftungsfilter umgibt. Das US-Patent 4 857 087 von Bolton et al. zeigt den Einbau eines Belüftungsfilters in ein Umwälzfiltergehäuse, es besitzt jedoch signifikant mehr Teile und beinhaltet ein drittes Filterelement vollständig mit Gehäuse, Öffnungen und Dichtungen, um diesen Einbau zu erreichen. Die in diesen Patenten beschriebenen Kombinationen ordnen die Filterkomponenten entweder in getrennten Zonen des Plattenlaufwerks an, oder beinhalten platzraubende Befestigungen, um die Bauteile innerhalb der Laufwerke zu orientieren.

[0019] Indem die Laufwerke kleiner und die Preise tiefer wurden, gab es einen Schub der Vereinfachung und Vereinfachung der Teilezahl in dem Bestreben, die Kosten zu senken und die Leistungsfähigkeit zu steigern. Außerdem wird bei den Laufwerken die Aufzeichnungsdatendichte und -menge immer größer, so daß die Laufwerke immer empfindlicher für teilchenförmige und dampfförmige Verschmutzung werden, so daß die vorhandenen Filtermittel häufig diesen immer anspruchsvollerem Filtrieransprüchen nicht mehr gerecht werden.

[0020] Es ist folglich ein Hauptzweck der vorliegenden Erfindung, einen verbesserten starren Vielfunktions-Gegenstand zu schaffen, der sowohl an kommende (das heißt von außerhalb der Umschließung oder des Gehäuses kommende) Luft als auch interne Umwälzluft von Teilchen befreien kann.

[0021] Ein weiterer Zweck der Erfindung ist die Schaffung eines verbesserten Multifunktionsteils, das sowohl hereinkommende als auch im Inneren umgewälzte Luft sowohl von teilchenförmigen als auch von dampfförmigen Verunreinigungen befreien kann.

[0022] Ein weiterer Zweck der Erfindung ist die Schaffung eines starren Mehrfunktionsteils der oben beschriebenen Art, welches außerdem ein Diffusionsrohr enthält.

[0023] Ein weiterer Zweck der Erfindung ist die Schaffung eines starren Mehrfunktionsteils der oben beschriebenen Art, bei dem zusätzlich eine Dichtung vorhanden ist, um die Abdichtung des Plattenlaufwerkgehäuses zu unterstützen.

#### Offenbarung der Erfindung

[0024] Die vorliegende Erfindung ist ein einzigartiger starrer Filter, welcher mehrere Verunreinigungs-Steuerfunktionen innerhalb eines Plattenlaufwerks oder einer anderen eingeschlossenen Umgebung, die für Verunreinigungen anfällig ist, wahrnimmt. Der Filter beinhaltet ein Umwälzfilter, ein Adsorptionsfilter und vorzugsweise einen Einlaß- oder Belüftungsfilter. Beispielsweise ist der Filter in der Lage, eine aktive chemische Filtrierung durchzuführen (das heißt, es wird Luft durch die Adsorptionskomponente geleitet, wenn sie über das Belüftungsloch in das Plattenlaufwerk gelangt, oder die Luft wird durch die Adsorptionskomponente geleitet, wenn Luft um das Laufwerk herum umgewälzt wird), oder eine passive chemische Filtrierung vorzunehmen (das heißt Luft innerhalb des Plattenlaufwerks läuft entlang der Adsorptionsmittelkomponente, die sich benachbart zu dem normalen Luftstromweg innerhalb des Laufwerks befindet, wobei keine Luft speziell durch einen Querschnitt des Adsorptionsmittels geht), wobei auch eine gewisse Kombination der beiden Filtrierungen möglich ist. Außerdem kann ein Diffusionsrohr optional an oder in dem Filter enthalten sein oder kann alternativ an einer Stelle des Laufwerkgehäuses angeordnet sein, wo sich der Filter befindet, um eine kombinierte, multifunktio-

nelle "Alles-In-Einer"- Filteranordnung zu bilden, die sämtliche Filtrierkomponenten aufweist, die typischerweise in einem herkömmlichen Plattenlaufwerk enthalten sind. Darüber hinaus kann der Multifunktionsfilter optional eine Dichtung beinhalten, um beispielsweise die Leistungsfähigkeit des Filters zu steigern und/oder den Einbau des Filters in die fertigen Plattenlaufwerke zu erleichtern.

[0025] Der Begriff "starr" soll hier bei der Beschreibung des Filters bedeuten, daß der Struktur-Rahmen einen Biegemodul von mindestens 34474 hPa (500 psi) (ASTM D-790) besitzt. In einer bevorzugten Ausführungsform besitzt der Struktur-Rahmen einen Biegemodul von mindestens 15000 psi, noch mehr bevorzugt von mindestens 0,241316 GPa (35000 psi).

[0026] Die vorliegende Erfindung schafft einen verbesserten Filter, der eine Adsorptionsmittelumwälz-, Teilchenumwälzungs- und optionale Belüftungs- und Adsorptionsmittel-Belüftungs-/Einlaßfiltrierungsfunktion, die zuvor von zwei, drei oder noch mehr Filtern wahrgenommen wurden, in einem einzigen, gut funktionierenden Filter vereint. Darüber hinaus lässt sich der Filter einfach installieren und ist äußerst vielseitig. Der starre Filter kann außerdem sauber und säuberbar gestaltet werden. Der Begriff "sauber" soll hier bedeuten: geringe Ausgasung (das heißt weniger als 100 Teile pro Millionen Gewicht, gemessen durch dynamische Kopfraumabtastung bei 85°C und Messung mittels Gaschromatographen/Massenspektroskopie), geringe Silikonverbindungen (das heißt weniger als 0,02 µg/cm², gemessen mittels Fouriertransformations-Infrarotspektroskopie eines flüssigen Hexanextrakts), wenig extrahierbare Ionen (das heißt weniger als 0,05 µg/cm², gemessen durch Ionenchromatographie eines deionisierten Wasserextrakts), und geringe nicht-flüchtige Reststoffe (das heißt weniger als 10 µg/cm², gemessen durch Wägen eines verdampften Hexanextrakts), außerdem geringe Teilchenbildung (das heißt weniger als 100 Partikel/cm² mit einer Größe von 1 µm oder darüber, gemessen mit einem Laser-Partikelmesser eines dionisierten Wasserextrakts).

[0027] Bei der ersten bevorzugten Ausführungsform enthält der Filter einen starren Rahmen mit einem ersten offenen Ende, einem zweiten offenen Ende und mindestens einer Seite oder einer Seitenwand, wobei der Rahmen oder das Gestell eine Kammer mit einem Volumen zwischen dem ersten und dem zweiten offenen Ende bildet. Das erste und das zweite offene Ende tragen Teilchenfiltriermedien, die über die Öffnungen gelegt sind, um die Kammer zu verschließen, wobei im Inneren der Kammer ein Adsorptionsmittel angeordnet ist. Eine Verlängerung des starren Rahmens, entweder angrenzend an den Rahmen oder als getrenntes angebrachtes Bauteil und mit einer darin ausgebildeten Öffnung befindet sich in der Nachbarschaft der Kammer, vorzugsweise in einer im wesentlichen planaren Orientierung mit entweder dem ersten oder dem zweiten offenen Ende des starren Rahmens, wobei die Öffnung außerdem ein Filtermedium aufweist, das die Öffnung bedeckt. Im Einsatz im Inneren eines Plattenlaufwerks lässt sich ein solcher Filter derart im Inneren des Plattenlaufwerks lagern, daß die Enden des starren Filters sich in dem Umwälzweg der zu filtrierenden Luft befindet. Umwälzluft gelangt durch die Adsorptionsmittelkammer, um eine adsorbierende Filtrierung zu bewerkstelligen, und sie gelangt durch die benachbarten Filtermedien, die an der Rahmenverlängerung gelagert sind, um eine Partikel-Filtrierung der Umwälzluft zu bewirken.

[0028] Alternative, bevorzugte Konfigurationen des starren Mehrfunktionsfilters werden im folgenden näher erläutert.

[0029] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Endung kann der starre Filter ein optionales Einlaßloch in einer Seite oder einer Seitenwand der das Adsorptionsmittel enthaltenden Kammer aufweisen, die an dem Plattenlaufwerk zu lagern ist. Der Einlaß ist so konfiguriert, daß er in einer Linie mit einem Belüftungsfilterloch in dem Gehäuse des Plattenlaufwerks liegt, demzufolge in das Laufwerk eintretende Außenluft gefiltert wird, bevor sie mit den empfindlichen Komponenten im Inneren des Laufwerks in Berührung gelangt. Der Einlaß kann optional mit einem Filtermedium bedeckt sein, welches nicht nur für eine Teilchenfiltrierung der Außenluft vor deren Eintritt in das Laufwerk dient, sondern außerdem bei Ausführungsformen, bei denen fein geteiltes Adsorptionsmaterial verwendet wird, das Adsorptionsmittel im Inneren der Kammer hält.

[0030] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung befindet sich das oben angesprochene Einlaßloch an der Öffnung eines Diffusionsrohrs in oder an dem starren Rahmen oder dem Plattenlaufwerksgehäuse. Eine zweite Öffnung des Diffusionsrohrs ist so konfiguriert, daß sie mit einem Belüftungsloch in dem Plattenlaufwerksgehäuse auf einer Linie liegt, so daß die in das Laufwerk über das Belüftungsloch eintretende Luft durch das Diffusionsrohr streicht, bevor sie den Einlaß erreicht. Wie erwähnt, kann das Diffusionsrohr in einer Außenfläche oder einer Innenfläche des starren Rahmens vorhanden sein, oder kann in einer Wand des starren Rahmens eingeschlossen sein und Öffnungen auf der Innenseite und der Außenseite besitzen.

[0031] Geeignete Werkstoffe für den starren Rahmen gemäß der Erfindung sind solche mit einem Biegemodul, wie es oben spezifiziert wurde, darunter Polymere (zum Beispiel Polycarbonat, Polypropylen, Acryl, Epoxidharze, etc.), Metalle (zum Beispiel Aluminium, Edelstahl, Messing, etc.), Keramiken (zum Beispiel Aluminiumoxid, Glas, etc.), und Verbundstoffe (zum Beispiel verstärkte Epoxidharze, etc.). Der starre Rahmen kann durch irgendeines von zahlreichen geeigneten Mitteln geformt sein, entweder jeweils für sich oder in Kombination, darunter Spritzgießen, Thermoformen, Extrudieren, spanendes Bearbeiten, Gießen, isostatisches Heißpressen, Stereolithographie etc., wobei ein oder mehrere Werkstoffe eingesetzt werden, die für diese Formungsmittel geeignet sind, wie dem Fachmann bekannt ist. Hergestellt werden kann der Rahmen aus einem

Stück oder aus zwei oder mehreren getrennten Teilen, die dann in ihre endgültige Form zusammengesetzt werden. Letztere Vorgehensweise kann besonders geeignet sein als Mittel zum Ausbilden eines in einer Wand des starren Rahmens eingebetteten Diffusionsrohrs, wie es oben erläutert wurde, wobei das Diffusionsrohr in eine oder beide passenden Oberflächen als ein Kanal oder ein Hohlraum mit geeigneten Öffnungen eingearbeitet werden kann. Eine alternative Vorgehensweise zur Ausbildung eines solchen eingeschlossenen Diffusionsrohrs ist das Einsetzformen, bei dem der starre Rahmen um ein unähnliches Material herumgeformt wird, dessen Form der des Diffusionsrohrs entspricht und dessen Volumen belegt. Nach dem Formvorgang wird das unähnliche Material beispielsweise durch Schmelzen, Lösen, etc. entfernt, wodurch ein Kanal oder ein Hohlraum innerhalb des Rahmens verbleibt. In einer bevorzugten Ausführungsform wird der starre Rahmen aus einem reinen oder reinigbaren Material wie zum Beispiel Polycarbonat oder Fluorpolymer geformt. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird der starre Rahmen aus Polycarbonat durch Spritzgießen hergestellt.

[0032] Das Adsorptionsfiltermaterial kann, wie weiter unten in größerer Einzelheit ausgeführt wird, eine große Vielfalt von Werkstoffen umfassen. Der allgemeine Begriff "Adsorptionsmittel" bedeutet hier nicht irgendein spezielles Material oder ein Material zum Adsorbieren irgendwelcher teilchenförmiger Verunreinigungen. Die Begriffe "Adsorptionsmittel" und "Adsorbieren" sollen bezüglich der Art und Weise oder des Mechanismus des Einfangens von Dampf nicht beschränkend zu verstehen sein. Das heißt, die genannten Begriffe sollen sich auf beliebige Mechanismen zum Einfangen beziehen, sei es nun durch Adsorption, Absorption oder durch irgendeinen anderen Mechanismus.

[0033] Darüber hinaus kann das Adsorptionsmittel ein oder mehrere adsorbierende Werkstoffe umfassen, so zum Beispiel fein zerteilte Formen von Aktivkohle (Pulver, Granulate, Perlen, etc.), Stoff, Papier oder Fasern aus Aktivkohle, oder eine gefüllte Matrix wie zum Beispiel ein Gerüst aus porösem Polymermaterial, versehen mit Adsorptionsmitteln, die die leeren Räume ausfüllen. Andere Möglichkeiten beinhalten mit Adsorptionsmittel imprägnierte Vliese oder Kugelchen auf einem Baumwollstoff, wobei der Vliesstoff oder Baumwollstoff Zellulose oder Polymer sein kann, welches Latex oder andere Bindemittel enthalten kann, ferner poröse Gußteile oder Tabletten aus Adsorptionsmitteln und Füllstoffen, bei denen es sich um Polymere oder Keramikmaterial handelt, ferner eingekapselte Adsorptionsmittel wie zum Beispiel fein geteiltes Adsorptionsmittel in einem aus einer porösen Membran oder einem anderen luftdurchlässigen Material gebildeten Beutelchen. Das Adsorptionsmittel kann ein Gemisch aus unterschiedlichen Arten von Adsorptionsmitteln sein. Das Adsorptionsmittel kann außerdem einzigartige Geometrien aufweisen, die eine große Oberfläche aufweisen für die Berührung mit der Luft innerhalb des Laufwerks, folglich für eine verstärkte Adsorption, beispielsweise Geometrien, wie sie weiter unten näher beschrieben und dargestellt sind.

[0034] Beispiele für Adsorbermaterialien enthalten Physisorber (zum Beispiel Kieselgel, Aktivkohle, aktiviertes Aluminiumoxid, Ton, Molekularsiebe, etc.), Chemisorber (zum Beispiel Kaliumpermanganat, Kaliumcarbonat, Kaliumiodid, Calciumcarbonat, Calciumsulfat, Natriumcarbonat, Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid, Natriumiodid, Calciumhydroxid, pulverisierte Metalle (zum Beispiel Silber und Kupfer) oder andere Reaktanzen zum Spülen von Gasphasenverunreinigungen etc.), außerdem Gemische aus diesen Materialien. Für einige Anwendungsfälle kann es angebracht sein, mehrere Adsorbermaterialien zu verwenden, wobei jedes Adsorptionsmittel selektiv unterschiedliche Verunreinigungen beseitigt, wenn diese den Filter passieren.

[0035] Vorzugsweise kann das Adsorptionsmittel Kieselgel, Aktivkohle, entweder unbehandelt oder chemisch behandelt zum Adsorbieren saurer Gase oder dergleichen (zum Beispiel eine Behandlung mit Kaliumcarbonat, Calciumcarbonat oder Natriumcarbonat), Molekularsiebe, aktiviertes Aluminiumoxid oder deren Gemische enthalten. Eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Adsorptionsmittels verwendet ein mit Adsorptionsmittel gefülltes PTFE-Flachstück, in welchem die Adsorptionspartikel in der netzartigen PTFE-Struktur eingefangen sind, entsprechend der Lehre des US-Patents 4 985 296 von Mortimer, Jr., hier speziell durch Bezugnahme inkorporiert.

[0036] Geeignete Filtermaterialien für die vorliegende Erfindung beinhalten Filtermedien wie Filterpapiere oder Filtermembranen, beispielsweise in Form von expandiertem Polytetrafluorethylen (ePTFE), Polypropylen oder Polyethylen-Membranen, Vliesstoffe oder Baumwollstoffe (zum Beispiel Polyester oder Polyolefine) oder gegossene Polymermembranen oder einige Kombinationen von Filtermaterialien. Darüber hinaus kann man Elektret-Filtermedien (das ist faserförmiges Material, welches im Stande ist, örtliche elektrostatische Ladung zu halten) einsetzen, um lokal Partikel mit entgegengesetzter Ladung anzu ziehen und einzufangen. Filtermaterialien können auch auf Trägerschichten aus beispielsweise Polymer-Vliesstoffen, Gittern oder Baumwollstoffen auflaminert sein. Darüber hinaus können Filtermaterialien mit variierenden Eigenschaften an unterschiedlichen Stellen des Multifunktionsfilters angeordnet werden, um die Leistungsfähigkeit des Filters zu optimieren. So zum Beispiel können Filtermedien für starken Luftstrom (im allgemeinen von mehr als 100 Frazier (ft<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>/ft<sup>2</sup> bei einem Luftdruck von 0,5 Zoll Wassersäule)) typischerweise bevorzugt sein für den Umwälzfilterabschnitt mit zumindest moderatem Partikel-Filtrierwirkungsgrad (zum Beispiel 25 bis 90% für Partikel mit einem Durchmesser von 0,1 µm), während Filtermedien mit höherem Wirkungsgrad (das heißt mit mehr als 90% für Partikel mit einem Durchmesser von 0,1 µm) für den Belüftungs- und Absorptionsmittelteil wünschenswert

sein. Wenn eine stärkere konvektive Strömung durch die mit dem Adsorptionsmittel gefüllte Kammer erwünscht ist, um für eine aktive Adsorption innerhalb des Laufwerks zu sorgen, können Medien mit niedrigem (das heißt weniger als mittlerem) Wirkungsgrad über den Öffnungen der Kammer paarweise angeordnet werden, während Medien mit hohem Wirkungsgrad über dem Einlaßloch der Kammer angeordnet sind und vorzugsweise mit einem Adsorptionsmittel ausgestattet sind, welches gegenüber Teilchenmaterial beständig ist, beispielsweise in Form von Perlen, Feststoffen oder Flachstückform. Wenn eine vornehmlich passive Adsorption innerhalb des Laufwerks erwünscht ist, kann man Filtermedien mit höherem Wirkungsgrad an den Öffnungen der das Adsorptionsmittel führenden Kammer anordnen, während man in dem Umwälzfilterteil und optional über dem Einlaßloch der Kammer Medien mit geringerem Wirkungsgrad und höherem Durchsatz anordnet. Außerdem können die Filtermedien in den adsorbierenden Komponenten des Filters so ausgewählt werden, daß die Umschließungsfunktion für das Adsorptionsmittel optimiert wird, wenn andere Komponenten für die Partikelfilterung und den Luftstrom optimiert sind.

[0037] Wenn zum Beispiel eine fein zerkleinerte Form eines Adsorptionsmittels verwendet wird oder der Filter beim Zusammenbau viel Handarbeit benötigt, so ist ein Filtermedium mit hoher mechanischer Festigkeit bevorzugt (Kugel-Bersten von mehr als 0,23 kg (0,5 lbs). In einem Laufwerk mit hoher Motorgeschwindigkeit (im allgemeinen 7200 UpM oder mehr) enthält eine bevorzugte Ausführungsform Starkstrom-Filtermedien über der stromaufwärtigen Öffnung der mit Adsorptionsmittel gefüllten Kammer, hochfeste und hocheffiziente Medien auf der stromabwärtigen Öffnung der Kammer und Starkstrom-Filtermedien mit mittlerem Wirkungsgrad in dem Umwälzfilterteil. Die speziellen Leistungsanforderungen an eine gegebene Filteranwendung geben die Wahl der verwendeten Filtermedien vor, allerdings ist es die neue erfindungsgemäße Konfiguration, die eine gesteigerte Flexibilität bei der Optimierung der Filterleistung ermöglicht.

[0038] Besonders bevorzugte Filtermedien für die vorliegende Erfindung sind solche mit ePTFE-Membranen. Diese Membranen haben eine hohe Feuchtigkeitsdampf-Durchlässigkeitsrate (typischerweise von mehr als 5000 g/m<sup>2</sup>/Tag, gemessen nach dem modifizierten Verfahren mit umgedrehtem Becher, wie es in dem US-Patent 4 862 730 von Crosby beschrieben ist, hier durch Bezugnahme inkorporiert), die es ermöglicht, in der Luft befindliche Verunreinigungen rasch und einfach durch die Membranen in die Adsorptionsmittel hinein zu diffundieren. Sie können auch mit sehr guten Filtrierwirkungsgraden hergestellt werden, was von besonderem Vorteil bei der BelüftungsfILTERfunktion ist. Ein Beispiel für eine bevorzugte ePTFE-Membran ist die Membran gemäß dem US-Patent 3 953 566, die einen Wirkungsgrad von mindestens 99,97% für Partikel mit einem Durchmesser von 0,3 µm und eine Permeabilität von mindestens 7 Frazier haben. Solche Membranen sind im Handel erhältlich in fertiger Filterform von W. L. Gore & Associates, Inc., Elkton, MD.

[0039] Membranfiltermaterialien aus expandiertem PTFE können auch dazu benutzt werden, das Adsorptionsmaterial abzudecken und als Partikel-Filtriermedium zu fungieren. Ein solches bevorzugtes Filtermedium zur Aufnahme des Adsorptionsmittels ist eine Schicht aus einer Membran aus expandiertem PTFE gemäß dem US-Patent 5 814 405 von Branca et al., hier durch Bezugnahme inkorporiert. Dieses Filtermedium kann optional in seiner Struktur von einer Schicht aus Webstoff, Vliesstoff oder porösem expandiertem Material wie zum Beispiel Polyester, Polypropylen, Polyamid und dergleichen abgestützt werden. Dieses Filtermedium besitzt zahlreiche Vorteile: beispielsweise kann es so hergestellt werden, daß es eine Kombination aus starkem Luftstromdurchsatz und hoher Festigkeit besitzt, so daß das Produkt aus der Frazierzahl (ft<sup>3</sup> pro Minute/f<sup>2</sup> bei einem Luftdruck von 0,5 Zoll Wassersäule) und Kugel-Bersten (Ball Burst) (Pfund) von mindestens 45,4 kg (100). Bevorzugte Trägerschichten enthalten einen Reemay-2014-Polyestervliesstoff von 33,91 g/m<sup>2</sup> (1,0 Unzen/yd<sup>2</sup>), beziehbar von Reemay Inc., Old Hickory, Tennessee oder einen Polypropylen-Stoff Delnet 0707, beziehbar von Applied Extrusion Technology, Inc., Middletown, Delaware.

[0040] Die Verwendung von Membranen aus expandiertem PTFE als Filtermaterial im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat eine Reihe von Vorteilen bei diesem verbesserten Filteraufbau. PTFE ist hydrophob. Einige in der Industrie eingesetzte Adsorptionsmittel verwenden ein wasserlösliches Salz zum Imprägnieren eines physikalischen Adsorptionsmittels, beispielsweise Aktivkohle, um ein chemisches Adsorptionsmittel mit einer großen aktiven Oberfläche zu erhalten. Durch Abdecken der Kohlenstoffschicht mit der expandierten PTFE-Membran wird das Abschlußteil wasserdicht, so daß deionisiertes Wasser in Berührung mit dem Teil gelangen kann und das Adsorptionsmittel nicht durchdringt. Auf diese Weise ist die Salzbehandlung nicht gefährdet durch Beseitigung durch Spülen mit Wasser. Ionische Kontaminierung ist ein ernsthaftes Problem bei korrosionsgefährdeten Apparaturen wie zum Beispiel Computer-Plattenlaufwerken. Die fraglichen Ionen wie zum Beispiel solche von Chlor und Schwefeldioxid, sind leicht in Wasser löslich, und damit ist eine Wasserspülung mit deionisiertem Wasser übliche Routine für zahlreiche innerhalb des Laufwerks verwendete Komponenten. Einige Ausführungsformen mit Filterschichten aus expandiertem PTFE zum Einkapseln des Adsorptionsmittels lassen sich so herstellen, daß der Einsatz von wasserlöslichen, mit Salz behandelten Adsorptionsmitteln in der Adsorptionsmittelschicht möglich ist und einem Spülvorgang widerstehen können ohne Verlust der Adsorptionsmittelbehandlung und -effektivität. Beispielsweise eignen sich Membranen aus expandiertem PTFE mit einem Wassereintrittsdruck von etwa 10 psi oder mehr für solche abwaschbaren Geräte.

[0041] Ein weiteres bevorzugtes Filtermedium ist eine Schicht aus elektrostatischem Elektret-Material, be-

ziehbar in fertiger Filterform von W. L. Gore & Associates, Inc. unter der Handelsbezeichnung GO-RE-TRET®-Umwälzfilter. Vorteile dieser Filtermedien bestehen in dem sehr hohen Wirkungsgrad (zum Beispiel mehr als 90% @ 0,3 Mikrometer) und außerdem in dem sehr niedrigen Luftströmungswiderstand (zum Beispiel weniger als 1 mm H<sub>2</sub>O bei 10,5 fpm oder 3,2 m/min). Während dieses Medium seine Ladung beim Spülen mit deionisiertem Wasser verliert, erlangt es seinen Wirkungsgrad unmittelbar nach dem Trocknen sofort zurück, bedingt durch den Elektret-Effekt des Gemisches aus unähnlichen Fasern.

[0042] Der Multifunktionsfilter gemäß der Erfindung läßt sich in dem Plattenlaufwerk in geeigneter Weise einbauen, die für eine gute Befestigung am Laufwerksgehäuse führt, beispielsweise durch Kleben, Schweißen, mechanisches Verriegeln, Preßsitz etc. Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann ein Klebstoff dazu benutzt werden, den Filter am Plattenlaufwerk zu befestigen. Dem Fachmann ist ersichtlich, daß der Klebstoff eine druckempfindliche Klebstoffschicht, ein doppelseitiges Klebeband auf einem Trägermaterial oder mehrseitiger Klebstoff an Mehrfach-Trägern sein kann, abhängig von dem angestrebten Filteraufbau. Der Klebstoff kann außerdem eine mittels Wärme oder UV-Licht oder anderweitig aushärtbare Klebstoffschicht aufweisen. Vor der Befestigung am Plattenlaufwerksgehäuse können die freigelegten Klebstoffschichten eine oder mehrere Ablösebeschichtungen haben, um den Klebstoff zu schützen und die Handhabung der Filter zu erleichtern. Diese Ablösebeschichtungen werden vor dem Montieren des Filters am Gehäuse des Plattenlaufwerks entfernt.

[0043] Bei einer alternativen Ausführungsform kann der Filter so aufgebaut sein, daß eine "Einsetz"-Anordnung möglich ist, mit deren Hilfe der Filter in einfacher Weise in dem Laufwerk plaziert wird, nachdem das Laufwerk zusammengebaut ist. Wie weiter unten näher ausgeführt ist, können Lappen oder andere Halteglieder an der Oberfläche des Filters angebracht werden, der an dem Plattenlaufwerk zu lagern ist. Beispielsweise ermöglicht eine entsprechende Öffnung in dem Laufwerk das Einsetzen des Filters derart, daß die Lappen oder Halteglieder in einen Vertiefungsbereich des Laufwerksgehäuses passen. Eine passende Abdichtung oder ein Klebeband kann anschließend außen oder innen an dem Laufwerksgehäuse angebracht werden, um den Filter zu sichern. Bei einer weiteren alternativen Ausführungsform kann der Filter durch einen Einrastmechanismus mit dem Plattenlaufwerk zusammengefügt werden, wobei der Filter mechanisch an dem Laufwerksdeckel oder der Grundplatte ohne den Einsatz eines Klebstoffs befestigt wird. Eine derartige mechanische Befestigung läßt sich bewerkstelligen durch Schrauben eines Schraubfilters in ein Gewindeloch oder eine Aufnahme, durch Scharnierlappen oder Schlitze an dem Filter, die sich über passende Strukturmerkmale an dem Deckel oder der Grundplatte erstrecken, oder durch einen Renkmechanismus, beispielsweise einen Mechanismus mit einem Lappen an dem Laufwerk, welches allmählich über eine Rampe gleitet und dann in eine passende Kerbe an dem Filter einrastet, wenn dieser an seine Einbaustelle gedreht wird. Diese Mittel der mechanischen Befestigung teilen sämtlich den Vorteil, daß sie dem Laufwerk und dem starren Filterrahmen ermöglichen, die mit dem Zusammenbau des Filters und der Anbringung des Deckels an dem Laufwerk verbundenen Spannungen aufzunehmen, wobei man ein Klebeband zum Anbringen einer Dichtung benutzen kann, aber nicht für die mechanische Halterung. Die mechanische Anbringung eignet sich entweder zum Anbau des Filters an dem Deckel oder der Grundplatte vor der Befestigung des Deckels an der Grundplatte, oder als Einstektleil, wie es oben erläutert wurde.

[0044] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann der Filter eine Dichtung beinhalten, die den Filter gegenüber dem Plattenlaufwerksgehäuse abdichtet. Die Dichtung ist vorzugsweise aus einem elastischen Material wie zum Beispiel Gummi oder Fluorpolymer hergestellt und an der Oberfläche des Filters befestigt, die dem Belüftungsloch in dem Plattenlaufwerk zugewandt ist, wobei sich das Einlaßloch im Inneren des Innenumfangs der Dichtung befindet. Die Verwendung einer Dichtung kann zahlreiche Vorteile haben, beispielsweise den einfachen Einbau des Filters in dem Plattenlaufwerk oder einem anderen Gehäuse, der Wegfall einer exakten Ausrichtung des Einlasses mit der mit Adsorptionsmittel gefüllten Kammer oder des Diffusionsrohrs über dem Belüftungsloch. Darüber hinaus läßt sich die Einfachheit der Neupositionierung und des Austausches des Filters mit Hilfe einer Dichtung steigern, indem eine mögliche Beschädigung des Filters erschwert oder beseitigt wird und weitere Probleme mit einer Neupositionierung eines an der Grundplatte mit einem Klebstoff angebrachten Filters vermieden werden. Die Verwendung einer Dichtung ist von besonderem Vorteil bei der Kombination eines als Einstektleil oder für mechanische Befestigung an dem Laufwerksdeckel oder der Grundplatte vor der Befestigung des Deckels an der Grundplatte konfigurierten Filters, wie oben bereits erläutert wurde. Bei einer solchen bevorzugten Ausführungsform kann ein mit einer geeigneten Dichtung bestückter Filter während des Zusammenbaus leicht positioniert werden, und Filter oder Deckel können einfach oder wiederholt abgenommen und neu angebracht werden.

[0045] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann die Dichtung sich über den Umfang des starren Rahmens hinaus erstrecken und eine oder mehrere zusätzliche Öffnungen aufweisen, um weitere Komponenten in Öffnungen des Laufwerksgehäuses, beispielsweise einen Flexkabelverbinder, abzudichten.

[0046] Durch Einbeziehung zusätzlicher Merkmale in den erfindungsgemäßen Mehrfunktionsfilter ist es möglich, den Luftstrom im Inneren des Plattenlaufwerks zwecks Optimierung der Filterleistungsfähigkeit zu ändern oder zu steuern. Entwurfsvariable, die Einfluß auf die Verteilung des Luftstroms zwischen der Umwälzfilterkom-

ponente und der Adsorptionsmittelkomponente des Filters haben, beinhalten: relative Größen, Formen und Orientierungen (zum Beispiel coplanar, geneigt, coaxial, etc.) von Öffnungen der Umwälzfilterkomponente und der mit Adsorptionsmittel gefüllten Kammer. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält der Filter beispielsweise eine sich verjüngende Einschnürung innerhalb der mit Adsorptionsmittel gefüllten Kammer, wodurch eine Venturidüse erzeugt wird, die während des Filterbetriebs einen reduzierten Druck hervorruft, begleitet von einer erhöhten Geschwindigkeit, wenn Fluid (Luft) durch die Einschnürung strömt. Andere Mittel zum Optimieren des Luftstroms durch den Filter beinhalten das Anordnen des Filters in dem Gehäuse in einer Zone starker Luftströmung, die Verringerung von Luft-Nebenströmungen um den Filter herum, indem man den Abstand zwischen dem Filter und Seitenwänden des Gehäuses minimiert. Die Erreichung des letztgenannten Ziels wird erleichtert durch den erfindungsgemäßen starren Rahmen, der eine enge Dimensionsbeherrschung und -stabilität gestattet. Darüber hinaus kann die Einbeziehung von einem oder mehreren Vorsprüngen oder Luftkanalisierstrukturen, wie zum Beispiel einem Leitblech an einem oder mehreren ausgewählten Stellen des starren Rahmens dazu dienen, den Luftstrom durch das Filter zu ändern.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

- [0047] Im folgenden wird die Arbeitsweise der Erfindung aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen ersichtlich. Es zeigen:
- [0048] **Fig. 1** eine auseinandergezogene Darstellung einer Ausführungsform eines starren Filters gemäß der Erfindung;
- [0049] **Fig. 2a, 2b und 2c** alternative, perspektivische Ansichten des starren Filters nach **Fig. 1** von oben, von der Seite und von unten;
- [0050] **Fig. 3** eine schematische Darstellung des in einem Plattenlaufwerk gemäß Beispiel 1 installierten starren Filters;
- [0051] **Fig. 4** eine schematische Ansicht des Teils des Plattenlaufwerkgehäuses aus **Fig. 3**, konfiguriert für die Installierung des starren Filters;
- [0052] **Fig. 5** eine perspektivische Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform eines starren Filterelements gemäß der Erfindung;
- [0053] **Fig. 6** eine perspektivische Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform eines starren Filterelements gemäß der Erfindung;
- [0054] **Fig. 7a und 7b** perspektivische Seitenansichten mit durch gestrichelte Linien dargestellten internen Merkmalen weiterer, alternativer Ausführungsformen eines starren Filterelements gemäß der Erfindung;
- [0055] **Fig. 8a, 8b und 8c** eine perspektivische Seitenansicht, eine Schnittansicht und eine perspektivische Bodenansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen starren Filterelements;
- [0056] **Fig. 9** eine seitliche Schnittansicht einer alternativen Ausführungsform eines starren Filterelements gemäß der Erfindung, eingebaut in ein Plattenlaufwerkgehäuse;
- [0057] **Fig. 10a und 10b** alternative Ausgestaltungen geeigneter Adsorptionsmittel, die in die starren Filter gemäß der Erfindung eingebaut werden können;
- [0058] **Fig. 11a, 11b, 12 und 13** schematische Darstellungen verschiedener Prüfstände zum Prüfen der Leistungsfähigkeit des starren Filters gemäß dem Beispiel, und
- [0059] **Fig. 14 bis 17** graphische Darstellungen der Testergebnisse des starren Filterelements nach dem Beispiel.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

- [0060] Bezugnehmend auf **Fig. 1**, ist dort eine auseinandergezogene Darstellung der Komponenten einer ersten Ausführungsform des starren Multifunktionsfilters **1** gemäß der Erfindung dargestellt. Der Filter **1** enthält einen Rahmen **5** mit einem ersten offenen Ende **4**, einer ein Volumen **16** definierenden Kammer und einer Verlängerung mit einer darin befindlichen Öffnung **13** benachbart zu dem starren Rahmen und senkrecht zu und oberhalb der Kammer **16** orientiert. Der Rahmen **5** besitzt ein (nicht gezeigtes) zweites offenes Ende an dem abgewandten Ende der Kammer **16**. Ein Einlaß **9** befindet sich in einer Bodenseite der Kammer **16** und ist an ein (nicht gezeigtes) Diffusionsrohr an der Bodenseite des Gehäuses **5** angeschlossen. Klebstoff **10** benachbart zu dieser Bodenseite bedeckt das Diffusionsrohr und kann dazu dienen, den Filter **1** mit einer Lagerfläche zu verbinden, beispielsweise einer Deckel- oder Grundplatte eines Plattenlaufwerks. Der Klebstoff **10** enthält ein Loch **11** über dem Eingang des Diffusionsrohrs, wodurch eine Fluidverbindung zwischen dem Diffusionsrohr und einem Belüftungsloch in der Lagerfläche gebildet ist. Der Einlaß **9** in der Kammer **16** wird von einem mikroporösen Teilchenfiltermedium **12** bedeckt, das an der Innenfläche der Kammer **16** befestigt ist.
- [0061] Der Filter **1** enthält weiterhin eine erste Schicht aus mikroporösem Teilchenfiltermedium **2** benachbart zu einer ersten Schicht aus faserförmigem Elektret-Teilchenfiltermedium **3**, die beide das erste offene Ende **4** des starren Rahmens **5** bedecken und daran fixiert sind. Das zweite (nicht gezeigte) offene Ende der Kammer

**16** besitzt in ähnlicher Weise eine zweite Schicht eines faserförmigen Elektret-Teilchenfiltriermediums **7** und eine zweite Schicht eines mikroporösen Teilchenfiltermediums **8**, die daran befestigt sind. Ein Adsorptionsmittel **6** befindet sich im Inneren der Kammer **16**. An der Öffnung in der Verlängerung **13** ist ein mikroporöses Filtermedium **14** angebracht.

[0062] Der starre Rahmen **5** in **Fig. 1** ist in den perspektivischen Ansichten von oben, von der Seite und von unten in den **Fig. 2a, 2b bzw. 2c** besser dargestellt. Wie in **Fig. 2a** zu sehen ist, wird in einer bevorzugten Ausführungsform die Adsorptionsmittelkammer **16** umgrenzt durch eine oder mehrere Innenseiten oder Wände, wodurch die Form einer Venturidüse **18** gebildet ist. Der Einlaß **9** in der Adsorptionsmittelkammer befindet sich vorzugsweise im Inneren der Einschnürung der Venturidüse **18**, und noch mehr bevorzugt in einer Zone der kleinsten Querschnittsfläche entlang der Kammer **16**, so daß der verringerte Druck aufgrund der Venturidüse das Ziehen von Luft durch den Einlaß **9** und in den Filter **1** hinein unterstützt.

[0063] **Fig. 2b** zeigt eine Seitenansicht des starren Rahmens **5**, wobei die Pfeile die Umwälzrichtung des Luftstroms für die in dem Beispiel beschriebene Konfiguration veranschaulichen.

[0064] **Fig. 2c** ist eine perspektivische Ansicht des starren Rahmens von unten, welche das Diffusionsrohr **24** eingebettet in die Außenseite des Bodens der Kammer **16** darstellt. Der Eintritt **26** des Diffusionsschlauchs ist so konfiguriert, daß er mit einem Belüftungsloch in der Lagerfläche fluchtet, während der Einlaß **9** von dem Diffusionsrohr zu der Adsorptionsmittelkammer sich an dem abgewandten Ende des Diffusionsrohrs befindet. Erkennbar ist außerdem ein Lappen **28** des Rahmens **5**, der zum Lokalisieren und Fluchten der Vorrichtung an einer Lagerfläche dient, die passend zu dem Gerät ausgestaltet ist. Diese optionale Lasche kann irgendeine gewünschte Konfiguration haben, sie kann sich zum Beispiel nur über einen Teil des Gehäuses in Querrichtung erstrecken, kann die Form mehrerer Vorsprünge an dem Gehäuse haben und dergleichen.

[0065] **Fig. 3** ist eine perspektivische Ansicht eines mit dem Multifunktionsfilter **1** nach **Fig. 1** bestückten Plattenlaufwerks, wie es gemäß dem Beispiel montiert und getestet wird. Der Filter **1** befindet sich in der Nähe der Platte **32** an einer Stelle, an der die Wände der Grundplatte **34** in ihrer Form den Rändern der Platte **32** und des Filters **1** nahekommen, um eine starke Luftströmung in Richtung des Filters **1** aufrecht zu erhalten, wenn das Laufwerk arbeitet. Die Platten **32** sind an der Motornabe **36** gehalten, die Drehrichtung ist durch den Pfeil angedeutet. Der E-Block **38** ist nach Beseitigung der Köpfe reintegriert mit dem Schwingspulenmotor **40**, der seinerseits mit der Flexschaltung **42** verbunden ist.

[0066] **Fig. 4** ist ein schematisches Schnittbild der Ecke des Plattenlaufwerks, modifiziert für den Einbau der Vorrichtung **1** aus **Fig. 1**. Die Laufwerk-Grundplatte **34** ist mit einem Schlitz **36** dargestellt, die zu der Lasche **38** an dem starren Rahmen **5** paßt, um die Vorrichtung exakt zu plazieren und auszurichten. Mit Hilfe der Lasche **28** und des Schlitzes **36** zum korrekten Positionieren der Vorrichtung **1** wird das Loch **11** in dem Klebstoff um den Eingang **26** des Diffusionsrohrs **24** herum mit dem Belüftungsloch **39** in der Grundplatte **34** ausgerichtet. Abhängig von der Konfiguration des Mehrfunktionsfilters gemäß der Erfindung erkennt der Fachmann, daß geeignete Modifikationen in der Konfiguration des Plattenlaufwerks vorgenommen werden können, um die Platzierung des starren Mehrfunktionsfilters zu ermöglichen.

[0067] **Fig. 5** ist eine schematische Ansicht einiger Merkmale einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen starren Mehrfunktionsfilters. Ein Unterscheidungsmerkmal zwischen dem Filter **40** und dem in **Fig. 1** dargestellten Filter ist die seitliche Orientierung der Verlängerung **41**, die sich von dem starren Rahmen **43** aus relativ zu der Stelle des Diffusionsrohrs **46** und der Kammer **42** erstreckt. Die Verlängerung **41** trägt ein an ihm befestigtes Filtermedium **44**. Diese Filterkomponente filtert Partikel aus Umwälzluft innerhalb des Plattenlaufwerks während des Betriebs. Das Diffusionsrohr **46** befindet sich in der Seite oder der Seitenwand **48**, bei der es sich um die Fläche handelt, die mit dem Gehäuse in Berührung steht, nachdem die Vorrichtung in dem Plattenlaufwerk gelagert ist. Die Kammer **42** nimmt eine Menge Adsorptionsmittel (in der Figur nicht dargestellt) auf und besitzt ein erstes offenes Ende **50** und ein zweites (nicht gezeigtes) offenes Ende, die beide mit (ebenfalls nicht dargestellten) Teilchenfiltermedien abgedeckt sind, ähnlich, wie dies in Verbindung mit **Fig. 1** beschrieben wurde. Der Einlaß **52** von dem Diffusionsrohr **46** kann optional intern mit einer Schicht aus einem mikroporösen Teilchenfiltermedium oder von einer Schicht stark durchlässigen Materials wie zum Beispiel Baumwolle oder Vliesmaterial bedeckt sein.

[0068] Eine Modifikation der in **Fig. 5** gezeigten Vorrichtung **40** führt zu den Merkmalen der Vorrichtung **53** nach **Fig. 6**. Insbesondere enthält bei dieser Ausführungsform der starre Rahmen **43** eine Luftströmungs-Ablenkwand **54**. Diese Ablenkwand **54** befindet sich auf der stromaufwärtsigen (das heißt der der an kommenden Luft zugewandten) Seite der Vorrichtung **53**, wobei die Strömungsrichtung durch die Pfeile angedeutet ist. Die Einbeziehung einer derartigen Luftablenkwand **54** kann dazu dienen, die Verteilung des Luftstroms aufzuteilen zwischen dem Umwälzfiltermedium **44** und dem (nicht gezeigten) Adsorptionsmittel innerhalb der Kammer **42**.

[0069] **Fig. 7a und 7b** zeigen Merkmale weiterer alternativer Ausführungsformen der Erfindung, wobei die internen Merkmale, die von außerhalb des Filters her nicht sichtbar sind, durch gestrichelte Linien dargestellt sind. Gemäß **Fig. 7a** enthält der starre Mehrfunktionsfilter **58** einen starren Rahmen **60** mit Wänden oder Seiten **80**, einem ersten offenen Ende **62** und einem zweiten offenen Ende **64**, die im Betrieb mit (in der Figur nicht dargestellten) Teilchenfiltermedien bedeckt sind. Im Betrieb ist der Filter **58** vorzugsweise innerhalb eines (in

der Figur nicht gezeigten) Plattenlaufwerks derart positioniert, daß die offenen Enden **62** und **64** sich in dem Weg des umgewälzten Luftstroms befinden.

[0070] Innerhalb des starren Rahmens **60** befindet sich eine Wand oder Abtrennung **66**, die eine Kammer **68** und eine dazu benachbarte Verlängerungskammer **70** bildet. Die Kammer **68** ist mit (nicht gezeigtem) Adsorptionsmittel gefüllt, um unerwünschte Komponenten aus dem Plattenlaufwerk zu adsorbieren. Die Wand **66** kann für einen Luftstrom undurchdringlich sein, wie in **Fig. 7a** gezeigt ist, sie kann aber auch eine Öffnung **72** gemäß **Fig. 7b** aufweisen, abgedeckt mit einem durchlässigen Medium **74**, beispielsweise in Form einer Vliestoffsicht, einer Baumwollschicht, einem Polymergitter oder einem Teilchenfiltermedium.

[0071] Erneut auf **Fig. 7a** bezugnehmend, kann ein Diffusionsrohr **76** in eine Seite oder eine Wand **80** des starren Rahmens **60** so eingebaut sein, daß ein Einlaß **78** von dem Diffusionsrohr **76** in die Kammer **68** mündet. Abhängig von dem gewünschten Aufbau kann, wie in Verbindung mit einer früheren Konfiguration des starren Filters erwähnt, der Einlaß optional von einem durchlässigen Medium abgedeckt sein, um Adsorptionsmittel aus dem Einlaßloch fernzuhalten und/oder um Teilchen aus dem Einlaßdampfstrom herauszufiltern. Die Kammer **70** kann zwischen den Schichten des Filtriermediums (nicht dargestellt), welches das erste offene Ende **62** und das zweite offene Ende **64** bedeckt, leer sein, wie aus den Figuren hervorgeht.

[0072] In einer alternativen Konfiguration zu dem Aufbau nach **Fig. 7b** kann sich in der Kammer **70** ein Partikelfiltermedium befinden, beispielsweise ein elektrostatisch aufgeladener Elektret-Filz für starke Luftströmung (zum Beispiel **100** Frazier (ft<sup>3</sup> pro Minute pro ft<sup>2</sup> bei einem Luftdruck von 0,5 Zoll Wassersäule)). Die Öffnung **72**, die mit einem permeablen Medium **74** bedeckt ist, ermöglicht eine Kommunikation zwischen der durch die Kammer **70** bewegten Luftströmung und dem in der Kammer **68** befindlichen Adsorptionsmittel.

[0073] **Fig. 7b** zeigt außerdem eine Öffnung **81** in dem starren Rahmen **60**, die mit (nicht gezeigtem) Filtermaterial abgedeckt sein kann. Ein solcher Aufbau setzt den Gesamtwiderstand für die Luft durch die Vorrichtung **58** herab und/oder exponiert das Adsorptionsmittel innerhalb der Adsorptionsmittelkammer **68** stärker dem umlaufenden Luftstrom. Ein geeignetes Filtermedium kann einen elektrostatisch aufgeladenen Elektret-Filz enthalten, darunter optional einen Vliestoff oder eine Baumwollstützeinrichtung oder Deckschichten auf einer oder mehreren Öffnungen des Filters.

[0074] **Fig. 8a**, **8b** und **8c** sind eine perspektivische Seitenansicht, eine Querschnittsansicht bzw. eine perspektivische Bodenansicht einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Wie in **Fig. 8a** gezeigt ist, enthält der starre Mehrfunktionsfilter **82** einen starren Rahmen **84**, der eine Kammer **86** für ein Adsorptionsmittel **87** aufnimmt (in **Fig. 8b** durch Schraffierung dargestellt). Das Adsorptionsmittel kann die Form von losem Teilchenmaterial oder Kugelchenform (gemäß Darstellung) haben, kann aber auch eine dreidimensionale Struktur besitzen. Darüber hinaus kann das Adsorptionsmittel **87** die Kammer **86** vollständig ausfüllen oder nur ein Teil der Kammer ausfüllen, wie in **Fig. 8b** gezeigt ist. Wenn der Filter **82** in einem Plattenlaufwerk oder einem anderen Gehäuse **88** (**Fig. 8b**) gelagert ist, in welchem Luft umgewälzt wird, so ist die Umwälzrichtung des Luftstroms durch den Filter **82** durch den Pfeil angedeutet. Ein Rahmenöffnung **90** abdeckendes Filtermedium **89** filtriert die umgewälzte Luft zur Beseitigung von Teilchen während des Betriebs des Plattenlaufwerks. Etwas von der umgewälzten Luft tritt über eine Rahmenöffnung **92**, die mit einem Teilchenfiltermedium **94** auf der stromabwärtigen Seite der Kammer **86** bedeckt ist, in die das Adsorptionsmittel enthaltende Kammer **86** ein, und durch die Exposition mit dem Adsorptionsmittel **87** wird die Luft von Wasserdampfverunreinigungen befreit. Die filtrierte Luft verläßt die Kammer **86** über eine stromabwärtige Rahmenöffnung **96**, die mit einem stromabwärtigen Teilchenfiltermedium **98** abgedeckt ist. Das der stromaufwärtige Rahmenabschnitt **92** unter einem Winkel gegenüber dem ersten offenen Ende orientiert ist, bzw. den starren Rahmen **84** in zwei Teile teilt, können seine Abmessungen vorzugsweise so ausgestaltet sein, daß eine größere Oberfläche geschaffen wird, als es der vertikalen oder horizontalen Seite der Kammer **86** entspricht, um dadurch die Fläche stromaufwärts von dem Teilchenfiltermedium **94** zu maximieren.

[0075] Die offenen oder "Bypass"-Zonen **102** der Vorrichtung **82** sind offen, um einen Nebenweg geringen Widerstands für einen Teil des Luftstroms zu bilden, der um die Adsorptionsmittelkammer **86** strömt. Durch dieses Merkmal wird der Widerstand gegenüber dem Durchgang von Luft durch das Umwälzfiltermedium **89** gesenkt, während gleichzeitig ein beträchtliches Volumen an Adsorptionsmittel **87** innerhalb der Kammer **86** beibehalten wird.

[0076] Der starre Mehrfunktionsfilter kann ein optionales Diffusionsrohr aufweisen, wie es in den **Fig. 8b** und **8c** gezeigt ist. Gemäß **Fig. 8c** enthält die Basis **100** des starren Rahmens **84** ein Diffusionsrohr **104**, das entweder in die Innenfläche der Basis oder in deren Außenfläche eingeformt sein kann, wie aus der Figur hervorgeht, wobei in jedem Fall das Rohr mit einem Flachstück aus einem einseitig oder doppelseitig klebenden Klebstoff (nicht dargestellt) verschlossen wird, welches auf die das eingeformte Diffusionsrohr enthaltende Fläche aufgebracht wird. Ist das Diffusionsrohr **104** in der Außenfläche des Bodens **100** ausgebildet, so ist ein Loch in dem Klebstoff über dem Eingang **108** des Diffusionsrohrs **104** von dem Belüftungsloch **110** in dem Plattenlaufwerk **88** ausgerichtet (**Fig. 8b**). Der Einlaß **106** ermöglicht den Durchstrom von Luft in die das Adsorptionsmittel enthaltende Kammer **86**. Bei Ausführungsformen, bei denen das Diffusionsrohr in der Innenfläche der Basis eingearbeitet ist, befindet sich der Klebstoff mit einem Loch in Fluchtung über dem Einlaß des Diffu-

sionsrohrs an der Adsorptionsmittelkammer. Das Diffusionsrohr kann alternativ in dem Filter dadurch eingeschlossen sein, daß die starre Struktur mit einem Verfahren wie beispielsweise Einsetzformen oder dergleichen hergestellt wird. In diesem Fall wird kein Klebstoff zum Verschließen einer Seite des Rohrs oder Kanals benötigt, es ist lediglich der Einlaß zu der Adsorptionsmittelkammer hin offen, und nur der Eingang des Diffusionsrohrs ist zur Außenfläche des starren Filters hin frei.

[0077] Die neuen starren Mehrfunktionsfilter gemäß der Erfindung können zusätzlich eine optionale Dichtung enthalten, die unter anderen Funktionen die Aufgabe hat, den Filter gegenüber dem Plattenlaufwerkgehäuse abzudichten und so zu verhindern, daß ungefilterte Luft, die in das Belüftungsloch **110** eintritt, in das Gehäuse **88** des Plattenlaufwerks gelangt. Wie in den **Fig. 8a, 8b** und **8c** zu sehen ist, enthält der Filter **82** eine Dichtung **112**, die am Umfang der Basis **100** befestigt ist und eine Abdichtung gegenüber der Basisplatte **114** des Gehäuses **88** bildet (**Fig. 8b**). Alternativ kann ein doppelseitiges Klebeband verwendet werden, um das Gerät **82** an der Grundplatte **114** zu befestigen. Die Dichtung **112** ist ein elastisches Material, das an der Basis **100** mit einem Klebstoff oder anderen geeigneten Mitteln, in der Figur nicht dargestellt, befestigt ist. Das Belüftungsloch **110** befindet sich irgendwo im Inneren Umfang der Dichtung **112**, was die Montage des Filters in dem Plattenlaufwerk erleichtert.

[0078] **Fig. 8b** zeigt außerdem einen Deckel **116** des Gehäuses **88**, der an der Grundplatte **114** mittels Schrauben, Klebstoff oder anderen Mitteln (in der Figur nicht dargestellt) befestigt ist. Der Deckel **116** ist mit Laschen **118** dargestellt, die zu Vertiefungen **120** in der starren Struktur **84** des Filters **82** passen, um als Hilfsmittel bei der Positionierung des Filters im Inneren des Gehäuses **88** zu dienen. Außerdem ermöglicht die Ausgestaltung mit Vertiefungen **120** für das Einsetzen der Laschen **118** das Ausüben von Druck auf den Filter **82** mit dem Zweck, die Dichtigkeit zwischen der Grundplatte **114** und der Dichtung **112** zu verbessern.

[0079] **Fig. 9** zeigt einen alternativen Aufbau, der dem Filter nach den **Fig. 8a** bis **8c** ähnelt, nur daß der Befestigungsmechanismus zum Anbringen des Mehrfunktionsfilters in dem Plattenlaufwerksgehäuse ein "Einrast"-Strukturelement besitzt, mit dem die Vorrichtung leicht in ein Gehäuse eingesetzt werden kann. Das Filterelement **124** enthält ein Rahmenteil **126** mit Trägerverlängerungen **130**, die in Ausnehmungen **132** im Deckel **116** des Plattenlaufwerks passen. Dieser Befestigungsmechanismus ermöglicht während der Montage die Option, daß der Filter **124** in dem Gehäuse **88** eingebaut wird, nachdem der Deckel **116** an der Grundplatte **114** befestigt wurde. Ein Klebstoffflachstück oder ein Dichtungsband **128** verklebt den Filter **124** mit dem Plattenlaufwerk **88**. Halteverlängerungen **130** passen zu Ausnehmungen **132** in dem Deckel **116**, wodurch eine gleichförmige Oberseite über der Dichtung **128** angebracht werden kann.

[0080] Wie bereits früher erwähnt, können zusätzlich zu den partikelförmigen, granulatförmigen, perlenförmigen oder anderen fein unterteilten Formen des Adsorptionsmittels auch andere Formen wie zum Beispiel Feststoffe oder Flachstücke einzeln oder in Kombination mit den fein getrennten Formen im Rahmen der Erfindung verwendet werden. Bei der in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsform zum Beispiel läßt sich eine Flachstückform eines Adsorptionsmittels, beispielsweise in Form eines Aktivkohlepapiers oder eines Aktivkohlestoffs oder eines mit Adsorptionsmittel gefüllten Verbundstoffs entweder allein oder zusammen mit fein unterteilt Adsorptionsmittel in die Adsorptionsmittel-Aufnahmekammer eingeführt werden. Ein weiterer Vorteil einer Feststoff- oder Flachstückform des Adsorptionsmittels ist die Möglichkeit, zu Formen und Orientierungen zu gelangen, die den Durchgang von Luft durch die Adsorptionsmittelkammer begünstigen. **Fig. 10a** zeigt ein derartiges Feststoff-Adsorptionsmittel **152**, das man unter Verwendung von Verfahren wie Spritzformen, Druckformen, Extrudieren oder dergleichen erhalten kann. Das Adsorptionsmittel **152** ist mit einem offenen mittleren Kanal **153** etwa zylindrischer Form und mehreren Riffelungen oder Finnen **155** dargestellt, die radial von dem mittleren Kanal **153** abstehen und in Längsrichtung über die Länge des Adsorptionsmittels **152** verlaufen. Wenn das Adsorptionsmittel **152** im Inneren des starren Mehrfunktionsfilters so orientiert ist, daß die Umwälzluft in Längsrichtung durch das Adsorptionsmittel strömt, wird ein Pfad geringen Widerstands für die Luft geschaffen, die durch und um das Adsorptionsmittel **152** strömt, während dieses dennoch eine große Oberfläche an Adsorptionsmittel der Strömung gegenüberstellt. Eine weitere Form eines Adsorptionsmittels mit geringem Luftströmungswiderstand ist in **Fig. 10b** gezeigt, wonach ein Adsorptionsmittel-Flachstück **157** Faltungen **159** enthält, die in Längsrichtung des Flachstücks verlaufen. Wird das Adsorptionsmittel **157** in dem starren Mehrfunktionsfilter so orientiert, daß die Umwälzluft in Längsrichtung entlang dem Adsorptionsmittel strömt, so wird hierdurch ein Pfad geringen Widerstands für die Luft geschaffen, die entlang dem Adsorptionsmittel **157** strömt, während dieses immer noch eine große Adsorptionsfläche für die Strömung bietet. Eine alternative Variante eines Adsorptionsmaterials, die hier nicht dargestellt ist, besteht aus einem Adsorptionsmittel-Flachstück, das zu einem Zylinder aufgerollt ist, der mit seiner Längsachse in Richtung der Luftströmung orientiert ist. Die Trennung zwischen benachbarten Schichten des aufgerollten Zylinders könnte unterstützt werden durch feine Oberflächenstrukturmerkmale des Flachstücks, so zum Beispiel durch Höcker oder Riffel.

#### Testprozeduren

[0081] Montage des starren Mehrfunktionsfilters in einem modifizierten Laufwerk:

[0082] Der starre Mehrfunktionsfilter des Beispiels mit dem in den **Fig. 1** und **2a** bis **2c** dargestellten Aufbau wurde bezüglich Adsorptions- und Teilchenfiltrier-Leistung unter Einsatz einer modifizierten Version eines handelsüblichen 3,5-Zoll-Plattenlaufwerks, welches schematisch in den **Fig. 3** und **4** dargestellt ist, getestet. (Modell 90845D4, Maxtor Corporation, Milpitas, CA). Sämtliche Laufwerkskomponenten, ausgenommen den Motor, wurden vor der Modifikation des Laufwerks zwecks Einbaus des Mehrfunktionsfilters entfernt. Die Modifikation bestand in dem Ausfräsen der existierenden Haltestrukturen in dem Laufwerk für den Umwälzfilter, in dem Bohren eines Belüftungslochs mit einem Durchmesser von 1/16 Zoll in die Grundplatte und dem Bohren zweier weiterer Löcher in dem Laufwerksdeckel, um den Einzug von Verunreinigungen ebenso zu ermöglichen wie eine Probenentnahme aus der Innenatmosphäre des Laufwerks während des Leistungstests. Jedes der Löcher in dem Deckel wurde abgedeckt mit einem Edelstahlbeschlag (Teilenummer SS-200-7-4, Baltimore Valve and Fitting Co., Baltimore, MD), der über dem Loch zentriert und mit Hilfe eines Zweikomponenten-Epoxymaterials befestigt und abgedichtet wurde. Außerdem wurde in die Grundplatte des Laufwerks ein Schlitz eingearbeitet, um das Ausrichten und Positionieren der Vorrichtung bezüglich des Belüftungslochs und der Platten zu erleichtern. Die Abmessungen des Schlitzes betragen 14,5 mm in der Breite, 1,5 mm in der Höhe und 1,2 mm in der Tiefe, passend zur Aufnahme der Lasche, die sich über den Boden des Mehrfunktionsfilters erstreckt, wie aus **Fig. 2c** hervorgeht.

[0083] Da der gemäß dem Beispiel hergestellte Filter dazu ausgelegt war, in einem Laufwerk eingesetzt zu werden, in welchem die Platten sich im Gegenuhrzeigersinn bei Betrachtung von oben drehen, wurde die Motorrichtung umgekehrt. Erreicht wurde dies durch Austausch von zwei der vier elektrischen Leitungen an der Unterseite der Grundplatte, welche die Schaltungsplatine mit dem Motor verbinden. Darüber hinaus wurden die elektrischen Verbindungen zu dem Schwingspulenmotor (VCM), die sich auf der Flexschaltung befanden, abgeschnitten, um den E-Block während sämtlicher Tests an einer fixen Stelle zu halten. Das Laufwerk wurde mit Isopropanol und reiner Druckluft gereinigt, um jegliche Öle und Teilchen zu beseitigen, die sich während der Modifikation abgesetzt hatten. Die Kopf-Aufhängungen wurden von dem E-Block vor dem erneuten Einbau in das Laufwerk entfernt, um die Möglichkeit auszuschalten, das während des Tests Kopfkollisionen auftraten.

[0084] Im Anschluß an die Modifizierung des Laufwerks wurde der starre Mehrfunktionsfilter gemäß dem Beispiel in die Grundplatte eingebaut. Eine Schutzauskleidung, die den Klebstoff auf der Bodenfläche des Filters bedeckte, wurde entfernt. Mit Hilfe des in die Grundplatte eingearbeiteten Schlitzes zur Erzielung einer passenden Ausrichtung wurde der Filter fest auf die Grundplatte gedrückt, wobei das Loch in dem Boden klebend über dem neu gebohrten Belüftungsloch in dem Laufwerk positioniert wurde. Die Platten wurden anschließend auf der Motornabe mit Hilfe der ursprünglichen Distanzringe und des Klemmrings festgeklemmt, und die Aktuatoranordnung wurde in das Laufwerk wieder eingebaut, eingeschlossen der dazugehörige E-Block, der VCM und die Flexschaltungskomponenten.

#### Test des Plattenlaufwerk-Belüftungsfilters

[0085] Dieser Test wurde so ausgestaltet, daß die Wirksamkeit eines Belüftungsfilters bei der Reduzierung der Teilchenkonzentration im Inneren eines Plattenlaufwerks gemessen werden konnte, als das Laufwerk in einer Umgebung eingesetzt wurde, die stark mit Feinteilchen beladen war, wobei Luft zwangsweise in das Laufwerk eingezogen wurde. Die Leistungsfähigkeit des Belüftungsfilters wird durch einen Wirkungsgrad quantifiziert, bei dem es sich um die prozentuale Verminderung der Teilchenkonzentration zwischen Außenumgebung und Innenumgebung des Laufwerks handelt.

[0086] Der Filter nach dem Beispiel wurde in dem modifizierten Plattenlaufwerk getestet, wobei das zuvor existierende Belüftungsloch in dem Laufwerk mit metallisiertem Band zudeckt wurde. Der Deckel wurde sicher an der Grundplatte befestigt, und über die Schraubenlöcher in dem Deckel wurde Band angebracht, genauso wie entlang dem Umfang des Laufwerks, um jegliche äußere Leckstellen abzudichten. Ein Vergleichslaufwerk vom gleichen Modell, bei dem ebenfalls die Kopfaufhängungen entfernt waren, enthielt einen Elektret-Umwälzfilter, allerdings kein BelüftungsfILTER. Das zuvor vorhandene Belüftungsloch in der Grundplatte wurde bei dem Vergleichslaufwerk unbedeckt gelassen, um ein nicht perfekt abgedichtetes Laufwerk zu simulieren.

[0087] Wie schematisch in **Fig. 11a** dargestellt ist, wurde das Plattenlaufwerk **160** in einen Edelstahlkasten **162** eingebaut. Eine der beiden Öffnungen in dem Deckel (diejenige, die sich stromaufwärts von dem Filter basierend auf der Plattendrehrichtung befand) wurde mit einer Kappe versehen, um einen Luftstrom durch den Beschlag zu verhindern. Die stromabwärtige Öffnung **164** wurde mit einem flexiblen Schlauch eines Außen-durchmessers von 1/8-Zoll verbunden mit einer Öffnung in der Wand des Metallkastens **162**, die ihrerseits auf der Außenseite des Kastens über eine Rohr- oder Schlauchleitung mit einem Laser-Partikelzähler (LPC) **166** (Modell LAS-X, Particle Measuring Systems, Inc., Boulder, CO) verbunden war. Es wurde mit Hilfe eines Durchflußmessers und eines Ventils **168** ein Probenströmungsdurchsatz aus dem Laufwerk **160** und durch den Laser-Partikelzähler **166** auf einem Wert von 1 cm<sup>3</sup>/s gehalten, und ein Ummantelungsstrom durch den Laser-Partikelzähler **166** wurde auf einem Durchsatz von 40 cm<sup>3</sup>/s gehalten. Eine zweite Öffnung in der Wand

des Metallkastens **162** wurde mit einem in das Innere des Kastens mündenden flexiblen Schlauch mit einer Länge von 6 Zoll und einem Innendurchmesser von 1/4 Zoll verbunden. Die Leitung zur Probenentnahme aus der Atmosphäre innerhalb des Kastens wurde ebenfalls an den Laser-Partikelzähler **166** angeschlossen. Die beiden von dem Kasten zu dem Laserpartikelzähler verlaufenden Leitungen waren jeweils an einen Längsabschnitt eines flexiblen Schlauchs angeschlossen, der durch ein Ventil **170** verlief, das von einem Computer **172** elektronisch gesteuert wurde, um das Absperren einer Leitung bei gleichzeitiger Öffnung der zweiten Leitung zu steuern. Beim Erregen des Auswahlventils **170** trafen sich die beiden Leitungen in einem Y-Verbindungsstück, so daß der Laserpartikelzähler **166** jeweils zu einer Zeit eine Leitung prüfen konnte. Eine dritte Öffnung in der Wand des Metallkastens **162** diente zum Einleiten eines Aerosols in die Innenumgebung des Kastens. Der Aerosolstrom gelangte durch eine Armatur in der Öffnung und wurde dann in zwei Ströme aufgeteilt, von denen jeder durch ein separates Rohr gelangte und durch drei Gasdispersionsrohre in den Kasten eintrat (Teilenummer P-06614-25, Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hills, IL). Das Aerosol bestand aus einer wäßrigen Suspension von 0,1 µm und 0,3 µm Durchmesser aufweisendem Polystyrollatex-(PSL-)Kügelchen (Katalog Nr. 5010A und 5030A, Duke Scientific Corporation, Palo Alto, CA), was ein etwa 5 : 1 betragendes Verhältnis von 0,1 µm zu 0,3 µm großen Partikeln ergab, die als Probe aus dem Metallkasten **162** entnommen wurden. Das Aerosol wurde dadurch erzeugt, daß gefilterte Druckluft **164** bei einem (von einem Regler **176**) geregelten Druck von 39 psi ( $2,7 \times 10^5$  Pa) durch einen Zerstäuber **178** geleitet wurde, der die Suspension enthielt, und weiterhin dieses mit einem Luftstrom gemischt wurde, der bei 180 auf 2 psi ( $1,38 \times 10^4$  Pa) geregelt war. Anschließend gelangte das Aerosol durch ein Trocknungsrohr **182**, um Wasser aus den Tröpfchen zu verdampfen und so einen Strom zu erhalten, der sich vornehmlich aus diskreten Partikeln zusammensetzte. Der Strom des getrockneten Aerosols wurde von einem Handventil **184** gesteuert, so daß ein Teil des Stroms zur Atmosphäre entweichen konnte, danach erfolgte der Weg über ein elektrisches Ein-Aus-Ventil **188**, das von dem Computer **172** gesteuert wurde. Elektrische Leistung **190** für das Laufwerk wurde bereitgestellt über eine elektrische Verbindung durch eine vierte Öffnung in der Wand des Metallkastens **162**, die nicht dicht verschlossen wurde, um ein Mittel zu schaffen zum Entweichen jeglichen Überdrucks aus dem Kasten **162** in die Atmosphäre **192**.

[0088] Nachdem das Laufwerk **160** in dem Kasten **162** plaziert war und die Anschlüsse für elektrische Leistung und Luftprobenentnahme angebracht waren, wurde ein abgedichteter Deckel fest an der Oberseite des Kastens **162** angeklemmt. Es wurden Belüftungstests mit sowohl dem abgeschalteten Antriebsmotor des Laufwerks als auch angeschaltetem Motor durchgeführt. Im Fall der Tests bei eingeschaltetem Motor wurde die korrekte Motorfunktion vor der Abdichtung des Kastens **162** getestet und anschließend während des Tests verifiziert durch Messen des Stroms durch die elektrischen Versorgungsleitungen mit Hilfe einer Stromsonde.

[0089] Der Belüftungsfiltertest wurde folgendermaßen durchgeführt: der Aerosolstrom wurde eingeschaltet zu Beginn des Tests und blieb während der Testdauer eingeschaltet. Am Anfang wurde der Kasten **120** Sekunden lang mit Partikeln beaufschlagt. Dann wurde aus dem Kasten **180** Sekunden lang Probenmaterial entnommen, damit die Partikelzählungen sich stabilisieren konnten, und während dieser Zeit wurden keine Daten aufgezeichnet. Anschließend wurden die Anzahlen von 0,1 µm und 0,3 µm großen Partikel aus dem Kasten gezählt und alle 5 Sekunden über 100 Sekunden hinweg aufgezeichnet. Als nächstes konnte das Laufwerk sich 180 Sekunden beruhigen, und danach wurden 100 Sekunden lang alle 5 Sekunden Proben entnommen. Der Kasten und das Laufwerk wurden über zwei weitere Zyklen in der gleichen Weise überwacht, wobei jedesmal 180 Sekunden zur Stabilisierung der Zählungen und 100 Sekunden zur Probenentnahme sowohl für den Kasten als auch das Laufwerk verfügbar waren. Typische Werte für die Aerosolpartikel bei Probenentnahme aus dem Metallkasten lagen zwischen 11500 und 18000 pro 5-Sekunden-Intervall für 0,1 µm große Partikel und lagen zwischen 2200 und 3700 pro 5-Sekunden-Intervall für 0,3 µm große Partikel.

[0090] Die Datenaufzeichnungen wurden analysiert, indem die durchschnittlichen Partikelzählungen für den Kasten und das Laufwerk in jedem der drei Zyklen ermittelt wurden. Der Wirkungsgrad für jeden Zyklus wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Prozentsatz-Wirkungsgrad} = \{[\text{Durchschnitt (Kasten)} - \text{Durchschnitt (Laufwerk)}]/\text{Durchschnitt (Kasten)}\} * 100\%$$

[0091] Die drei Wirkungsgrad-Werte wurden dann gemittelt, um den Gesamt-Belüftungsfilterwirkungsgrad zu ermitteln. Diese Analyse erfolgte getrennt für 0,1 µm große und 0,3 µm große Teilchen.

#### Plattenlaufwerk-Umwälzfilter-Test:

[0092] Dieser Test ist ausgestaltet für die Messung der Wirksamkeit eines Umwälzfilters bei der Reduzierung der Partikelkonzentration im Inneren eines Plattenlaufwerks in Bezug auf einen Anfangszustand, in welchem das Laufwerk mit Partikeln beladen wurde. Die Leistungsfähigkeit des Umwälzfilters wird quantifiziert in Form einer Reinigungszeit, bei der es sich um die Zeit handelt, die benötigt wird, um die Partikelzählerstände auf einen fixen Prozentsatz ihres Anfangswerts zu reduzieren.

[0093] Zum Testen der Wirksamkeit der Funktion des Umwälzfilters wurde der Mehrfunktionsfilter in dem modifizierten Plattenlaufwerk **160** geprüft, wie es schematisch in **Fig. 11b** dargestellt ist. Das vorhandene Belüftungslöch in dem Laufwerk wurde unbedeckt gelassen, um eine Einrichtung zum Ablassen, 192, möglichen Überdrucks aus dem Laufwerk zu haben und Luft zu ermöglichen, innerhalb von Zeiträumen in das Laufwerk einzudringen, in denen der Laufwerksumgebung Proben entnommen wurden, ohne daß gezielt Luft in das Laufwerk eingeleitet wurde. Der Deckel wurde an der Grundplatte sicher befestigt. Eine Leitung zum Zuführen eines Aerosolgemisches aus 0,1 µm und 0,3 µm großen Partikeln wurde mit dem Anschluß in dem Laufwerksdeckel stromaufwärts, 194, des Filters angeschlossen, basierend auf der Richtung der Plattendrehung. Eine zweite Leitung zur Probenentnahme aus der Innenatmosphäre des Laufwerks, angeschlossen an den Laser-Partikelzähler **166** (LPC; laser particle counter) wurde mit dem Anschluß **164** des Laufwerksdeckels verbunden, der sich stromabwärts bezüglich des Filters befand. Es wurde ein Proben-Strömungsdurchsatz aus dem Laufwerk und durch den Zähler **166** auf einem Wert von 1 cm<sup>3</sup>/s und eine Ummantelungsströmung durch den LPC **166** mit 40 cm<sup>3</sup>/s aufrecht erhalten. Die Zählungen für 0,1 µm und 0,3 µm große Partikel wurde einmal pro Sekunde von dem LPC **166** vorgenommen, die Zählung wurde zur späteren Analyse im Plattenlaufwerk eines Computers **172** gespeichert. Der Test wurde durchgeführt, während sich das Laufwerk **166** in einer Laminarströmungs-Haube befand, ausgerüstet mit einem HEPA-Filter am Lufteinlaß, um eine gesteuerte Testumgebung mit extrem niedriger Umgebungspartikelkonzentration aufrecht zu erhalten. Ein Vergleichslaufwerk vom gleichen Modell, bei dem ebenfalls die Kopfaufhängungen entfernt waren, und das kein Umwälzfilter enthielt, wurde zu Vergleichszwecken geprüft.

[0094] Der Umwälzfilter-Test bestand aus folgendem Ablauf: bei eingeschaltetem Laufwerk **160** und dem Durchgang reiner Luft durch das Laufwerk wurden die Zählungen für 0,1 µm und für 0,3 µm große Partikel überwacht, bis eine schwache Hintergrundzählung erreicht war, typischerweise dann, als 0,3 µm große Partikel weniger als 3 Zählungen pro Sekunde und 0,1 µm große Partikel weniger als 10 Zählungen pro Sekunde ausmachten. Zu der Zeit wurde das Aerosol in das Laufwerk **160** eingeleitet, um die Innenumgebung mit Partikeln zu beladen. Bei voller Beladung und nach Stabilisierung betrugen die Zählungen für 0,1 µm große Partikel typischerweise zwischen 10000 und 20000 pro Sekunden, und die Zählungen für 0,3 µm große Partikel betrugen typischerweise zwischen 3000 und 6500 pro Sekunde. An dieser Stelle wurde der Strom des Aerosols in das Laufwerk **160** angehalten, während die Probenentnahme aus der inneren Laufwerksatmosphäre fortgesetzt wurde, indem die Laufwerksluft, die durch das offene Belüftungslöch in der Grundplatte und auch durch Leckstellen im Deckel oder in der Grundplatte eingetreten war, abgezogen wurde. Die Konzentration von 0,1 µm großen und von 0,3 µm großen Partikeln nahm gemäß Beobachtung mit der Zeit ab aufgrund der Umwälzung der Luft durch das Laufwerk und den Filter, den Aufprall der Partikel auf Flächen im Inneren des Laufwerks und aufgrund des allmählichen Austausches von mit Partikel beladener Luft durch reine Luft, die durch das Belüftungslöch eingezogen wurde. Die Überwachung des Laufwerks **160** wurde fortgesetzt, bis die Teilchenzählungen auf die Anfangs-Hintergrundwerte abfielen, wie sie vor dem Beladen des Laufwerks mit Aerosol beobachtet wurden.

[0095] Die Datenaufzeichnungen wurden analysiert durch Messen der Zeit, die erforderlich war, damit die Zählung für 0,1 µm und 0,3 µm große Partikel auf 0,1% ihres Wertes bei voller Beladung des Laufwerks mit Partikeln abgefallen war, was als die Reinigungszeit definiert ist. Es wurden drei individuelle Tests durchgeführt, um die Reproduzierbarkeit zu überprüfen und Fehler aufgrund von Rauschen bei den Hintergrundzählungen auszuschließen. Die Ergebnisse dieser drei Tests wurden Bemittelt, um durchschnittliche Reinigungszeiten für 0,1 µm und 0,3 µm große Partikel zu erhalten.

#### Plattenlaufwerk-Adsorptions-Tests:

[0096] Diese Tests sind ausgestaltet für die Messung der Wirksamkeit eines Mehrfunktionsfilters bei der Verrigerung der Konzentration eines flüchtigen organischen Verunreinigungsstoffs, Toluol, im Inneren eines Plattenlaufwerks, bezogen auf die Konzentration von Toluol in einem Einlaßstrom, in das Laufwerk hinein. Die Leistungsfähigkeit des Mehrfunktionsfilters wird quantifiziert, indem der Prozentsatz der Einlaßkonzentration von Toluol berechnet wird, der in dem Laufwerk-Dampfraum nachgewiesen wird.

[0097] Geprüft wurde das Laufwerk in Form eines modifizierten Plattenlaufwerks **160**, wie es in **Fig. 12** gezeigt ist. Zusätzlich zu den beiden Öffnungen, die in dem Laufwerksdeckel vorhanden waren, wurde ein starrer TEFLON®-Schlauch (bezogen von Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hills, IL) mit einem Außen-durchmesser von 0,159 cm (1/16 Zoll) von außen her durch den Boden der Grundplatte in das Belüftungslöch eingeführt, um eine dritte Öffnung zu schaffen. Das Eindringen dieses Schlauchs in das Belüftungslöch wurde in der Weise beschränkt, daß das Ende des Schlauchs unterhalb der Innenfläche der Grundplatte verblieb. Um die äußere Verbindung zwischen dem Schlauch und der Grundplatte herum wurde mit Hilfe eines Zweikomponenten-Epoxidharzes eine luftdichte Dichtung geschaffen. Im Anschluß an diese weiteren Modifikationen des Laufwerks **160** wurde der Filter gemäß dem Beispiel in die Grundplatte montiert, wie es oben bereits beschrieben wurde, so daß das Loch in dem Bodenklebstoff sich über dem Belüftungslöch befand, welches speziell

zum Testen des Geräts geschaffen wurde. Das zuvor existierende Belüftungsloch in dem Laufwerk wurde durch ein Metallband abgedeckt. Die übrigen Komponenten wurden anschließend wieder in das Laufwerk eingesetzt. Das Laufwerk wurde erneut abgedichtet, und mit Hilfe von Klebeband und sämtlichen möglichen Wege für signifikante Luflöcher abgedichtet. Außerdem wurde ein Vergleichslaufwerk des gleichen Modells ohne Adsorptionsmittel getestet.

[0098] Der Antriebsmotor lief während des gesamten Tests kontinuierlich. Das Plattenlaufwerk **160** wurde mit reiner trockener Luft gespült, um sicherzugehen, daß die Anfangs-Toluolkonzentration 0 ppm betrug. Eine der drei Öffnungen in dem Laufwerk wurde geöffnet. Es wurde reine trockene Luft **196** durch einen Druckregler **198** und eine Massenstromsteuerung **200** geleitet, um einen Luftstrom mit konstantem Volumenstrom von 40 ml/min zu erzeugen, der in eine der beiden anderen Öffnungen des Laufwerks **160** einströmte. Die verbliebene Öffnung wurde mit einem Durchflußmesser zum Überwachen möglicher Strömungsverluste verbunden. Der Auslaßstrom in den Durchflußmesser wurde zu mindestens 95% des Einlaßstroms gemessen, und dementsprechend wurde das Laufwerk als für den Testvorgang angemessen abgedichtet eingestuft.

[0099] Zum Testen der Funktionstüchtigkeit eines Adsorptionsmittel-Belüftungslochs des Mehrfunktionsfilters wurden 100 ppm Toluol in Stickstoff **202** durch einen Druckregulierer **204** und eine Massenstromsteuerung **206** geleitet und dann mit trockener reiner Luft vermischt, um einen Zimmertemperaturstrom von 25 ppm Toluol in Luft zu bilden. Dieser Toluolstrom wurde direkt in das Teil eingeleitet, und zwar über den mit dem Belüftungsloch verbundenen Schlauch bei einem Volumendurchsatz von 40 ml/min. Eine der beiden Öffnungen in dem Deckel wurde mit einer Kappe verschlossen. Mit Hilfe eines starren TEFILON®-Schlauchs wurde die zweite Öffnung in dem Deckel über ein Prüfventil **208** mit einem Gaschromatographen verbunden, der mit einem Flammen-Ionisationsdetektor (FID) **210** ausgestattet war, um die Toluolkonzentration im Inneren des Laufwerks zu überwachen. Die Datenaufzeichnungen wurden in einem PC **212** gesammelt und analysiert durch Berechnen eines Prozentsatzes aus dem Verhältnis der geprüften Konzentration und einer Nenn-Einlaßkonzentration von 25 ppm während der gesamten Testdauer.

[0100] Zum Testen der Adsorptionsmittel-Umwälzfunktionalität des Filters wurde mit einer Kappe der in das Belüftungsloch eintretende Schlauch, über dem sich das Gerät befand, abgedichtet. Das zuvor existierende Belüftungsloch in dem Laufwerk **160** blieb mit einem Metallband verschlossen. Ein Zimmertemperaturstrom von 25 ppm Toluol in reiner trockener Luft wurde dann über die Öffnung in dem Deckel stromaufwärts von der Testprobe mit einem Volumenstrom von 40 ml/min eingeleitet. Die zweite Öffnung in dem Deckel war mit dem FID **210** über einen starren TEFILON®-Schlauch verbunden, um die Toluolkonzentration im Inneren des Laufwerks zu überwachen. Die Daten wurden analysiert durch Berechnen eines Prozentsatzes aus dem Verhältnis der geprüften Konzentration zu einer Nenn-Einlaßkonzentration von 25 ppm während der gesamten Testdauer.

#### Passiv-Adsorptions-Test:

[0101] Dieser Test ist so ausgelegt, daß die anfängliche Adsorptionsaufnahme eines flüchtigen organischen Verunreinigungsstoffs, Toluol, von einem Adsorptionsfilter unter statischen Bedingungen gemessen wurde, das heißt die Adsorption bei konstanter Gas/Dampf-Konzentration ohne signifikante Gasstrom-Konvektion. Die Leistungsfähigkeit des Adsorptionsfilters wird quantifiziert als Adsorptionsrate, wobei es sich um die durchschnittliche Gewichtszunahme des Adsorptionsfilters pro Zeiteinheit handelt.

[0102] Zum Messen der Passiv-Adsorptions-Aufnahme wurde der starre Mehrfunktionsfilter gemäß Beispiel an ein kleines Kunststoff-Flachstück angeklebt, welches die gesamte Bodenfläche bedeckt, so daß der Eingang zu dem Diffusionsrohr vollständig abgedichtet war. In einen Teil des Kunststoff-Flachstücks, der von unterhalb des Filters her vorstand, wurde ein kleines Loch gestanzt, das zum Aufhängen des Filters an einem an der Mikrowaage **214** in **Fig. 13** befestigten Haken diente. Die Glas-Probenkammer **216** wurde um die Probe **218** herum abgedichtet. Wasser aus einem Konstanttemperaturbad **220** wurde durch einen die Probenkammer **216** umgebenden Mantel zirkuliert, bis das System eine Dauertemperatur von 25°C erreichte. Anschließend wurde die Kammer **216** mit reiner trockener Luft **222** solange gespült, bis die Mikrowaage **214** ein konstantes Gewicht verzeichnete, welches die Beseitigung von Feuchtigkeit aus der Probe **218** signalisierte.

[0103] Um den Dampf-Adsorptionsvorgang in Gang zu setzen, wurde die Mikrowaage **214** austariert, und es wurde ein Gemisch aus Toluol **224** und Luft **222** durch eine Strömungssteuerung **226** geleitet und dann von unterhalb der Kammer **216** her in diese über ein Entlüftungsloch **228** in den Oberteil eingelassen. Der Toluolstrom besaß einen Strömungsdurchsatz von 1 l/min und einer Konzentration von 25 ppm pro Volumen. Basierend auf diesem Volumen-Strömungsdurchsatz und der Querschnittsfläche der Probenkammer **216** errechnete sich die lineare Strömungsgeschwindigkeit zu etwa 0,9 mm/s. Diese lineare Strömungsgeschwindigkeit wurde basierend auf der Annahme gewählt, daß sie ausreichend gering ist, um einen konvektiven Strom durch das Gerät zu verhindern, was möglicherweise einen abträglichen Einfluß auf die Adsorptionsrate hätte. Das Gewicht des Geräts wurde mehrere Stunden lang überwachen und mit Hilfe eines rechnergestützten Datenerfassungssystems **230** aufgezeichnet. Die Datenaufzeichnungen wurden analysiert, indem eine lineare Regression durch die Gewichtsdaten für das Gerät gegenüber der Zeit vorgenommen wurde. Die resultierende An-

stiegskurve stellt ein Maß für die Passiv-Adsorptions-Rate durch die Öffnungen in dem Filter dar, der in direkter Strömungsverbindung mit dem Inneren eines Plattenlaufwerks steht.

Test der Frazierzahl-Luftpermeabilität:

[0104] Die Luftpermeabilität wurde gemessen, indem eine Testprobe in einer kreisförmigen abgedichteten Flansch-Fixierung mit einem Durchmesser von 13,97 cm (5,5 Zoll) und einer Fläche von 153,29 cm<sup>2</sup> (23,76 Quadratzoll) eingespannt wurde. Die stromaufwärtige Seite der Probenbefestigung war mit einem Strömungsmesser in einer Reihe mit einer Trockendruckluftquelle verbunden. Die stromabwärtige Seite der Probenbefestigung war zu der Atmosphäre hin offen.

[0105] Das Testen erfolgte durch Beaufschlagen der stromaufwärtigen Seite der Probe mit Luftdruck von 124,5 Pa (0,5 Zoll Wassersäule) und durch Aufzeichnen der Strömungsrate der Luft, die durch den Strömungsmesser in der Leitung strömte (ein Kugel-Schwimm-Rotameter).

[0106] Die Ergebnisse werden angegeben in Form der Frazier-Zahl, deren Einheit Kubikfuß/Minute/Quadratfuß der Probe bei einem Druck von 124,5 Pa (0,5 Zoll Wassersäule) beträgt.

Burstfestigkeit-Ball-Burst-Test:

[0107] Das Testverfahren und die dazugehörige Probenhalterungsapparatur wurden von W. L. Gore & Associates, Inc. zur Verwendung in Verbindung mit einem Chatillon-Test-Gerüst verwendet. Der Test ist eine mechanische Messung der Berstfestigkeit von Werkstoffen wie zum Beispiel Stoffen (Webstoff, Strickstoff, Vliestoff, etc.), von porösen oder nicht porösen Kunststofffilmen, Membranen, Flachstücken, Laminaten dieser Stoffe und anderen Materialien in planarer Form.

[0108] Es wird eine Probe straff, jedoch nicht gereckt, zwischen zwei ringförmigen Klemmplatten (Innendurchmesser – 7,6 cm (3 Zoll)) eingespannt. Ein Metallstab mit einer kugelförmigen Spitze eines Durchmessers von 1" aus poliertem Stahl bringt eine Last auf das Zentrum der Probe in Z-Richtung (rechteckig zu der ebenen XY-Richtung) auf. Der Stab ist an seinem anderen Ende mit einem passenden Chatillon-Kraftmesser verbunden, der in einem Chatillon-Materialtestgerüst Modell Nr. TCD-200 gelagert ist. Die Last wird mit einer Rate von 10 Zoll pro Minute solange aufgebracht, bis es zu einem Ausfall der Probe kommt. Der Ausfall (Reißen, Bersten, etc.) kann irgendwo innerhalb des eingeklemmten Flächenbereichs auftreten. Ergebnisse werden als maximal vor dem Ausfall aufgebrachte Kraft angegeben.

[0109] Der Test erfolgt bei einer Umgebungs-Innentemperatur und Feuchtigkeitsbedingungen, die etwa bei einer Temperatur von 21,1 bis 22,2°C (70 bis 72°F) bzw. einer relativen Feuchtigkeit von 45 bis 55% liegen. Die zu testenden Werkstoffe werden nicht bei spezifischen Temperaturen und Feuchtigkeitsbedingungen vor Durchführung der Tests konditioniert.

Partikelfilterwirkungsgrad:

[0110] Es wurde ein Test eines Membran-Filtrierwirkungsgrads mit Hilfe von Diocetylphthalat-Aerosol an einem automatisierten Filtertester vom Typ TSI CertiTest®, Modell 8160 (TSI Incorporated, St. Paul, MN) gemäß der Prozedur vorgenommen, die spezifiziert ist in dem CertiTest®, Modell 8160 Automated Filter Test Operation and Service Manual. Die Proben-Testfläche war 77,8 cm<sup>2</sup> groß und besaß eine Flächengeschwindigkeit von 5,32 cm/s.

[0111] Ohne hierdurch den Schutzmfang der Erfindung eingrenzen zu wollen, stellt das folgende Beispiel dar, wie die Erfindung ausgeführt und genutzt werden kann.

Beispiel

[0112] Es wurde eine Vorrichtung aufgebaut und geprüft, die sämtliche Funktionen eines Teilchen-Umwälzfilters, eines Teilchen-Belüftungsfilters, eines Diffusionsrohrs und eines Adsorptionsmittels kombiniert, wobei das Adsorptionsmittel sowohl im passiven als auch im aktiven Betrieb vereint mit den Umwälz- und Belüftungsfilters arbeitet.

[0113] Zusammengebaut wurde das Gerät um einen starren Kunststoffrahmen, dargestellt in den **Fig. 1** und 2a bis 2c. Der Rahmen wurde für ein 3,5-Zoll-Plattenlaufwerk ausgebildet (Modell Nr. 90845D4, Maxtor Corporation, Milpitas, CA). Dieser Rahmen wurde bezogen von Mack Prototype, Inc., Shelton, CT, wo er mittels Stereolithographie aus einem photohärtbaren Harz CIBATOOL® hergestellt wurde (Ciba Speciality Chemicals Corporation, Los Angeles, CA).

[0114] Die Frontseite des Rahmens, in **Fig. 2b** in der Seitenansicht nach rechts weisend dargestellt, war ein rechteckiger Rahmen mit Gesamtabmessungen von 14,0 mm Breite und 12,0 mm Höhe. Diese Seite war aufgeteilt in drei Hauptflächen, die sich über die gesamte Breite des Rahmens erstreckten, die erste Fläche als

obere Öffnung mit einer Höhe von 5,0 mm, eine zweite, untere Öffnung mit einer Höhe von 6,0 mm, wobei diese Abmessungen die Höhe der Öffnung zuzüglich des umgebenden Kunststoff-Rahmens bemessen sind, und eine dritte, laschen- oder graförmige Anordnung entlang der Bodenanordnung mit einer Höhe von 1,0 mm. Der Kunststoffrahmen enthielt einen erhöhten Grat von 0,3 mm Tiefe entlang des gesamten Umfangs der vorderen und der hinteren Öffnung, dargestellt in der Seitenansicht der **Fig. 2b.** die untere Öffnung in der Vorderseite bietet Eintritt in eine Kammer, ebenfalls in **Fig. 2b** dargestellt, die sich in einer Tiefe von 10,0 mm rechtwinklig zu der Vorderseite erstreckt. Von unten her gesehen war gemäß **Fig. 2c** die Form der Kammer die eines Parallelogramms, dessen Seiten einen Winkel von 45° mit der Vorder- und der Hinterseite des Rahmens bilden. Die Lasche entlang des Bodens der Vorderseite hatte eine Tiefe von 1,0 mm, ausgebildet für die Passung in einen eingelassenen Schlitz in der Laufwerks-Grundplatte, um die Ausrichtung zu verbessern und die Bewegung der Vorrichtung nach dem Einbau in das Laufwerk einzuschränken. Die Bodenseite des Kunststoffrahmens enthielt eine kurvenförmige Ausnehmung mit einer Gesamtlänge von 28,6 mm, einer Tiefe von 0,8 mm und einer Breite von 0,8 mm, wodurch ein Diffusionsrohr gebildet wurde, wenn diese Ausnehmung ergänzt wurde durch die Innenfläche der Laufwerks-Grundplatte.

[0115] Die Innenflächen waren von der vorderen oder der hinteren Öffnung der Kammer aus nach innen gekrümmt, um eine schwache Einschnürung in der Mitte der Kammer bezüglich dieser Öffnungen zu bilden. Die vordere und die hintere Öffnung besaßen eine Fläche von 54,2 mm<sup>2</sup>, wobei die tatsächliche Querschnittsfläche der Öffnung in der Mitte der Kammer 32,8 mm<sup>2</sup> betrug, was eine Querschnittsverringerung von etwa 40% ausmachte. Der Durchgang von dem Ende des Diffusionsrohrs in die Kammer bestand aus einem kreisförmigen Loch mit einem Durchmesser von 0,8 mm, welches die Bodenfläche durchsetzte. Dieses Loch befand sich in der Mitte zwischen der vorderen und der hinteren Öffnung, mithin auf einer Linie der kleinsten Querschnittsfläche.

[0116] Der Zusammenbau der Vorrichtung erfolgte durch Befestigen mehrerer Schichten Klebstoff und Filtermedium an dem Kunststoffrahmen und durch Einbau des Adsorptionsmittels. Der erste dieser Schritte bestand darin, ein kreisförmiges Loch mit einem Durchmesser von 1/8 Zoll durch ein Flachstück eines doppelseitigen und druckempfindlichen Klebebands (PSA) zu stanzen. Das Band bestand aus einem Polyesterfilmträger mit einer Dicke von 0,002 Zoll (0,05 mm), auf jeder Seite bedeckt mit einer 0,001 Zoll (0,025 mm) dicken Schicht aus Hochtemperatur-Acryl mit geringer Ausgasung, jeweils bedeckt von einer abziehbaren Polyester-Außenlage. Ein Stück dieses Klebstoff in Form eines Parallelogramms, welches das Loch verschloß und etwas größer als das Loch war, wurde mit Hilfe einer einschneidigen Rasierklinge ausgeschnitten. Dann wurde eine der Schutzschichten abgezogen, und der Klebstoff wurde mit einer Schicht aus mikroporösem Filtermedium bedeckt, bestehend aus einer Membran aus expandiertem Polytetrafluorethlyen (ePTFE), hergestellt nach dem Verfahren gemäß der 5 814 405 von Branca et al. Diese Membran hatte eine Luftströmungs-Durchlässigkeit, gekennzeichnet durch eine Frazier-Zahl von 29 Kubikfuß pro Minute und pro Quadratfuß einer Probe bei einem Luftdruck von 0,5 Zoll Wassersäule, einem Ball-Burst von 6 Pfund und einer Dicke von 0,0008 Zoll. Die überschüssige Membran wurde entlang den Kanten des Klebstoffs mit einer Rasierklinge getrimmt. Die zweite Schutzschicht wurde von der Unterseite des Klebstoffs entfernt, und das Stück Klebstoff mit der daran befindlichen Membran wurde im Inneren der Kammer in dem Kunststoffrahmen derart plaziert, daß die freiliegende Klebstoffschicht in Berührung mit dem Boden der Kammer stand und das Loch in dem Klebstoff von der ePTFE-Membran bedeckt wurde, die das Loch in der unteren Fläche der Kammer vollständig umfaßte. Nach dem Anordnen des Klebestücks wurde dessen Bindung verbessert durch Aufbringen eines nach unten gerichteten Drucks auf das mit der Membran bedeckte Klebstoffstück, welches das Loch umfaßte, wozu ein flacher Gegenstand verwendet wurde.

[0117] Um eine glatte Fläche für das Ankleben des Filtermediums an den vorderen Öffnungen des Kunststoffrahmens zu schaffen, wurde ein Stück Schleifleinen mit Korngröße 400 dazu verwendet, Vorsprünge von der Vorderseite des Rahmens zu entfernen. Ein dünner Überzug aus Cyanoacrylat-Klebstoff (PRISM® 408, Loctite Corporation, Rock Hill, CT) wurde entlang dem Umfang sowohl der oberen als auch der unteren Öffnung der Vorderseite des Rahmens aufgetragen. Über diese Öffnungen wurde bei Berührung der Membran mit dem Kunststoffrahmen ein erstes Flachstück eines Laminats gelegt, welches aus einer ePTFE-Membran bestand, die mit einem Gitter aus expandiertem Polypropylen laminiert war (Delnet RC0707-20P, Applied Extrusion Technology, Inc., Middletown, DE). Die Membran, hergestellt nach dem Verfahren gemäß der 5 814 405 von Branca et al., besaß eine Frazier-Zahl von 112 (Kubikfuß pro Minute und pro Quadratfuß der Probe bei einem Luftdruck von 0,5 Zoll Wassersäule), einen Ball-Burst von 1,4 Pfund und eine Dicke von 0,0004 Zoll sowie einem Filtrierwirkungsgrad von 45,8% für 0,1 µm große Partikel bei einer Flächengeschwindigkeit von 5,32 cm/s. Nach dem Schmelz-Bonden der Membran an das Delnet-Element besaß das Laminat eine Frazier-Zahl von 37 bei Orientierung mit der Membran in stromaufwärtiger Richtung, und eine Frazier-Zahl von 47 bei Orientierung mit dem Delnet-Element in stromaufwärtiger Richtung. Das Laminat wurde mit einem behandschuhten Finger sanft auf die Ränder des Rahmens gedrückt, und dann zusätzlich durch Aufbringen einer zweiten dünnen Linie des gleichen Klebstoffs auf den Polypropylen-Überzug entlang der Öffnungskanten angeklebt. Nachdem der Klebstoff getrocknet war und sich eine feste Bindung eingestellt hatte, wurde überschüssiges Laminat

von den Rändern der Öffnung mit einer einschneidigen Rasierklinge entfernt.

[0118] Eine Schicht eines elektrostatischen Elektret-Filtermediums (Polypropylen und Modacryl, spezifisches Gewicht 30 g/m<sup>2</sup>), aufgebondet auf eine durch Schleuderbonden gebildete Polypropylen-Trägerschicht (15 g/m<sup>2</sup> spezifisches Gewicht) (Technostat, All Felt, Ingleside, IL) wurde passend für die Kammer in dem Kunststoffrahmen zugeschnitten. Dieses Stück wurde durch das offene Ende der Kammer derart eingesetzt, daß die Trägerschicht der ePTFE-Membran benachbart war, die auf die Öffnung geklebt worden war. Die Kammer wurde teilweise mit Aktivkohle-Perlen gefüllt (durchschnittlicher Durchmesser 0,6 mm, spezifische Oberfläche 1200 m<sup>2</sup>/g; 0,57 cm<sup>3</sup>/g Porenvolumen), die ein Gesamtgewicht von 110 mg besaßen, festgestellt durch Wägen des Rahmens vor und nach der Befüllung. Eine zweite Schicht des Elektret-Filtermediums identisch mit der ersten Schicht wurde durch das offene Ende der Kammer derart eingeführt, daß die Trägerschicht in Richtung der offenen rückseitigen Öffnung wies.

[0119] Entlang dem Umfang der hinteren Öffnung des Rahmens wurde ein dünner Überzug aus einem Cyanoacryl-Klebstoff aufgetragen. Über diese Öffnung wurde bei Berührung der Membran mit dem Kunststoffrahmen ein zweites Laminat-Flachstück desselben Typs gelegt, wie es zuvor zum Abdecken der vorderen Öffnungen verwendet wurde. Die Festigkeit der Bindung wurde gesteigert durch Auftragen einer zweiten dünnen Spur des gleichen Klebstoffs auf die Polypropylen-Folie entlang den Rändern der Öffnungen. Nachdem der Klebstoff getrocknet war, wurde überschüssiges Laminat von den Rändern der Öffnungen mit einer einschneidigen Rasierklinge entfernt. Um die Wahrscheinlichkeit des Lösen des Laminats von dem Kunststoffrahmen weiter zu verringern, wurde eine leichte Abschlußbeschichtung des Cyanoacryl-Klebstoffs auf die Ränder des Laminats auf den vorderen und hinteren Seiten aufgebracht, wobei die Bedeckung durch den Klebstoff beschränkt wurde auf solche Bereiche, welche die Kunststoffränder des Rahmens bedeckten.

#### Ergebnisse des Leistungstests

[0120] Es wurden Tests durchgeführt, um zu verifizieren, daß jede der angestrebten Funktionen in der integrierten Mehrfunktionsvorrichtung dieses Beispiels gegeben war. Insbesondere wurden Tests der Leistungsfähigkeit des Beispiels als Teilchen-Belüftungsfilter, als Teilchen-Umwälzfilter, als Adsorptionsmittel-Belüftungsfilter, als Adsorptionsmittel-Umwälzfilter und als passiver Adsorptionsmittelfilter durchgeführt. Das Diffusionsrohr wurde nicht besonders geprüft, da seine Rolle bei der Verzögerung des Ausgleichs von Dampfkonzentrationen im Inneren und auf der Außenseite des Laufwerks im Stand der Technik gut dokumentiert ist und die Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung den Einbau eines Diffusionsrohrs mit einem breiten Bereich möglicher Abmessungen ohne weiteres ermöglicht.

#### Testergebnisse für den Belüftungsfilter

[0121] Die Effektivität des Beispiels als Teilchen-Belüftungsfilter wurde ausgewertet durch Probenentnahme aus der Laufwerksatmosphäre, während das Laufwerk sich in einer Umgebung befand, die eine hohe Konzentration von Partikeln enthielt, und zwar einmal mit ausgeschaltetem und dann erneut mit eingeschaltetem Motor des Laufwerks. Bei dem ersten Test beruht die Verringerung der Partikel-Zählwerte in dem Laufwerk vornehmlich auf der Wirkung des Belüftungsfilters sowie auf dem Aufschlag von Partikeln auf Oberflächen innerhalb des Laufwerks und der Probenentnahme-Apparatur, da es im Inneren des Laufwerks keine Umwälzströmung gibt. Die Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle zusammen mit Ergebnissen für ein Vergleichslaufwerk angegeben, welches einen Elektret-Umwälzfilter, jedoch keinen Belüftungsfilter besaß. Aus den Wirkungsgraden für die Beseitigung von Partikeln ist klar, daß die Einbeziehung des Mehrfunktionsfilters gemäß diesem Beispiel einen beträchtlichen Vorteil bei der Reinheit der internen Laufwerksumgebung bietet.

#### %-Wirkungsgrad, 0,1 µm-Partikel

<u>Laufwerk (Motor aus)</u>	<u>Lauf 1</u>	<u>Lauf 2</u>	<u>Lauf 3</u>	<u>Durchschnitt</u>
Laufwerk mit Vorrichtung gemäß Beispiel	93,5083	92,4316	92,3458	<b>92,7619</b>
Laufwerk mit Umwälzfilter, ohne Belüftungsfilter	28,2037	23,1783	16,2720	<b>22,5514</b>

#### %-Wirkungsgrad, 0,3 µm-Partikel

<u>Laufwerk (Motor aus)</u>	<u>Lauf 1</u>	<u>Lauf 2</u>	<u>Lauf 3</u>	<u>Durchschnitt</u>
Laufwerk mit Vorrichtung gemäß Beispiel	94,9219	94,1000	94,1410	<b>94,3876</b>
Laufwerk mit Umwälzfilter, ohne Belüftungsfilter	30,7003	27,3429	19,5682	<b>25,8705</b>

[0122] Bei den Belüftungsfilter-Tests mit laufendem Laufwerksmotor erfolgt eine zusätzliche Partikelbeseitigung durch den Umwälzfilter sowohl bei dem zu prüfenden als auch bei dem Vergleichslaufwerk. Wie man jedoch aus den Daten in der nachstehenden Tabelle entnehmen kann, ist das bloße Umwälzfilter in dem Vergleichslaufwerk nicht im Stande, den Gesamt-Reinheitsgrad zu erreichen, der durch den Mehrfunktionsfilter gemäß vorliegendem Beispiel erreicht wird. Dies demonstriert den wirksamen Betrieb sowohl Teilchen-Belüftungsfilters als auch des Umwälzfilters gemäß Beispiel.

**% – Wirkungsgrad, 0,1 µm – Partikel**

**Laufwerk (Motor ein)**

	<b>Lauf 1</b>	<b>Lauf 2</b>	<b>Lauf 3</b>	<b>Durchschnitt</b>
Laufwerk mit Vorrichtung gemäß Beispiel	97,8418	97,7266	97,9405	<b>97,8363</b>
Laufwerk mit Umwälzfilter, ohne Belüftungsfilter	87,7152	89,3290	90,2864	<b>89,1102</b>

**% – Wirkungsgrad, 0,3 µm – Partikel**

**Laufwerk (Motor ein)**

	<b>Lauf 1</b>	<b>Lauf 2</b>	<b>Lauf 3</b>	<b>Durchschnitt</b>
Laufwerk mit Vorrichtung gemäß Beispiel	98,3716	98,1532	98,4501	<b>98,3250</b>
Laufwerk mit Umwälzfilter, ohne Belüftungsfilter	89,3114	91,1094	91,4681	<b>90,6296</b>

Umwälzfilter-Testergebnisse

[0123] Eine weitere Demonstration der Wirksamkeit der Funktion des Umwälzfilters für das Beispiel wird durch eine direkte Messung der Zeit erbracht, die erforderlich ist, um Partikelzählwerte in einem Laufwerk gegenüber einem erhöhten Anfangszustand zu reduzieren. Ergebnisse dieses Tests werden in der unten stehenden Tabelle präsentiert, zusammen mit Daten, die für ein Vergleichslaufwerk ohne ein Umwälzfilter gemessen wurden. Die gemessenen Reinigungszeiten für das Laufwerk mit dem Beispiel sind weniger als halb so groß wie die Zeiten für das Vergleichslaufwerk, was die Wirksamkeit der Funktion des Umwälzfilters bestätigt. Ein Probelauf für jedes Laufwerk ist in **Fig. 14** dargestellt, die klar zeigt, daß es eine raschere Abklinggeschwindigkeit für das Laufwerk mit dem Mehrfunktionsfilter gemäß dem Beispiel gibt.

**Reinigungszeit [Sekunden] – 0,1 µm**

**Laufwerk**

	<b>Lauf 1</b>	<b>Lauf 2</b>	<b>Lauf 3</b>	<b>Durchschnitt</b>
Laufwerk mit Vorrichtung gemäß Beispiel	99	103	100	<b>101</b>
Laufwerk ohne Filter	208	225	219	<b>217</b>

**Reinigungszeit [Sekunden] – 0,3 µm**

**Laufwerk**

	<b>Lauf 1</b>	<b>Lauf 2</b>	<b>Lauf 3</b>	<b>Durchschnitt</b>
Laufwerk mit Vorrichtung gemäß Beispiel	89	87	88	<b>88</b>
Laufwerk ohne Filter	203	198	200	<b>200</b>

Testergebnisse für Adsorptionsmittel-Belüftungsfilter

[0124] Leistungsfähigkeit des Mehrfunktionsfilters dieses Beispiels als Adsorptionsmittel-Belüftungsfilter wurde ausgewertet, indem ein Gemisch aus Toluol und Luft direkt in das Belüftungsloch eingeleitet und die Toluolkonzentration in dem Laufwerk gemessen wurde. Die Ergebnisse sind in **Fig. 15** dargestellt, welche das Laufwerk mit der Vorrichtung gemäß dem vorliegenden Beispiel darstellt, bei dem eine ständige und geringe Toluolkonzentration aufrecht erhalten wird, die etwa 2,5% der Einlaß-Konzentration ausmacht, und zwar über die gesamte Dauer des 3 1/2 Stunden dauernden Tests. Die Konzentration des Vergleichslaufwerks, welches ein Belüftungsfilter ohne Adsorptionsmittel enthielt, erreichte 100% der Konzentration am Einlaß innerhalb einer Stunde. Diese Ergebnisse zeigen die Wirksamkeit des Mehrfunktionsfilters nach diesem Beispiel als Adsorptionsmittel-Belüftungsfilter, welches den Eintritt flüchtiger Verunreinigungen in das Laufwerk verhindert.

## Testergebnisse für Adsorptionsmittel-Umwälzfilter

[0125] Die Leistungsfähigkeit des Mehrfunktionsfilters nach diesem Beispiel als Adsorptionsmittel-Umwälzfilter wurde ausgewertet, indem ein Gemisch aus To-luol und Luft über die stromaufwärtige Öffnung in dem Deckel in das Laufwerk eingeleitet wurde und die Toluol-Konzentration in dem Laufwerk gemessen wurde. Die Ergebnisse sind in **Fig. 16** dargestellt, die zeigt, daß das Laufwerk mit der Vorrichtung gemäß dem vorliegenden Beispiel eine gleichbleibend und geringe Toluolkonzentration von etwa 24% der Konzentration am Einlaß während der gesamten, nahezu drei Stunden betragenden Testdauer aufrecht erhält. Die Konzentration bei dem Vergleichslaufwerk, das kein Adsorptionsmittel enthielt, betrug angenähert 100% der Konzentration am Einlaß innerhalb einer halben Stunde. Diese Ergebnisse zeigen die Wirksamkeit des Mehrfunktionsfilters gemäß diesem Beispiel als Adsorptionsmittel-Umwälzfilter, welches die Konzentration flüchtiger Verunreinigungen reduziert, welche ihren Weg in das Laufwerk hinein gefunden haben.

## Testergebnisse für passive Adsorption

[0126] Die Leistungsfähigkeit des Mehrfunktionsfilters dieses Beispiels als passives Adsorptionsmittelfilter wurde ausgewertet, indem ein Gemisch aus Toluol und Luft mit einer niedrigen linearen Strömungsgeschwindigkeit in eine abgedichtete Kammer eingeleitet und das Gewicht der Vorrichtung im Verlauf der Zeit überwacht wurde. Die Ergebnisse sind in **Fig. 17** dargestellt, die zeigt, daß die Vorrichtung dieses Beispiels eine nahezu konstante Rate der Gewichtszunahme beibehält, die etwa 0,72 µg/min während der gesamten, etwa vier Stunden betragenden Testdauer betrug. Diese Ergebnisse zeigen die Wirksamkeit des Mehrfunktionsfilters gemäß diesem Beispiel als passives Adsorptionsmittelfilter, das in der Lage ist, flüchtige Verunreinigungen aus einer Umgebung zu beseitigen, wenn es einen vernachlässigbaren konvektiven Luftstrom durch den Filter hindurch gibt.

## Patentansprüche

1. Gegenstand, umfassend einen Filter (1), angepasst zum Entfernen von Feststoff- und Dampfphasenverschmutzungen aus einem Gehäuse, umfassend:  
einen starren Rahmen (5), umfassend ein erstes Ende mit einer Öffnung (4) und ein zweites Ende mit einer Öffnung (64) und mindestens einer Seite, wobei der starre Rahmen ein darin befindliches Volumen (16) definiert;  
eine Verlängerung (13), welche sich angrenzend an den starren Rahmen erstreckt und mindestens eine darin befindliche Öffnung aufweist;  
mindestens ein erstes Filtermedium (2), welches die Öffnung an dem ersten Ende abdeckt;  
mindestens ein Adsorptionsmittel (6), welches in mindestens einem Teil des Volumens angeordnet ist;  
mindestens ein zweites Filtermedium (7), welches das Adsorptionsmittel (6) so abdeckt, dass das Adsorptionsmittel (6) in zumindest einem Teil des Volumens (16) enthalten ist; und  
mindestens ein drittes Filtermedium (14), welches die mindestens eine Öffnung in der Verlängerung (13) abdeckt.
2. Gegenstand nach Anspruch 1, weiterhin umfassend ein Einlassloch (9) in der mindestens einen Seite.
3. Gegenstand nach Anspruch 2, weiterhin umfassend ein Filtermedium (12), welches das Einlassloch (9) abdeckt.
4. Gegenstand nach Anspruch 2, weiterhin umfassend ein Diffusionrohr (24), welches mit dem Einlassloch (9) axial ausgerichtet ist.
5. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem der starre Rahmen (5) mindestens ein Material umfasst, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Polykarbonat, Polypropylen, Acryl, Epoxidharz, Aluminium, rostfreiem Stahl, Messing, Aluminiumoxid, Glas und verstärktem Epoxidharz besteht.
6. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem die mindestens eine Seite mehrere Seiten umfasst.
7. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem die mindestens eine Seite eine Öffnung (81) enthält, welche durch mindestens ein Filtermedium abgedeckt ist.
8. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem die Verlängerung (13) mit wenigstens einem von dem ersten Ende (4) und dem zweiten Ende (64) zusammenhängend und sich in einer Ebene parallel dazu erstreckend

ausgebildet ist.

9. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem das erste Filtermedium (2), das zweite Filtermedium (7) und das dritte Filtermedium (14) die gleichen Eigenschaften aufweisen.

10. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem das erste Filtermedium (2), das zweite Filtermedium (7) und das dritte Filtermedium (14) unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.

11. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem das mindestens eine Adsorptionsmittel (6) wenigstens ein Material umfasst, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Silikagel, Aktivkohle, Aktivaluminiumoxid, Ton und Molekularsieben, Kaliumpermanganat, Kaliumkarbonat, Kaliumiodid, Kalziumkarbonat, Kalziumsulfat, Natriumkarbonat, Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid, Natriumiodid, Kalziumhydroxid und pulverisiertem Silber besteht.

12. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem das wenigstens eine erste Filtermedium (2) wenigstens ein Material umfasst, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Papieren, Membranen, Vliesstoffen, Mullstoffen, Gusspolymermembranen und einem Elektretmedium besteht.

13. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem das wenigstens eine erste Filtermedium (2) wenigstens ein Material umfasst, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus expandiertem Polytetrafluorethylen, Polypropylen, Polyethylen und Polyester besteht.

14. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem das wenigstens eine zweite Filtermedium (7) wenigstens ein Material umfasst, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Papieren, Membranen, Vliesstoffen, Mullstoffen, Gusspolymermembranen und einem Elektretmedium besteht.

15. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem das wenigstens eine zweite Filtermedium (7) wenigstens ein Material umfasst, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus expandiertem Polytetrafluorethylen, Polypropylen, Polyethylen und Polyester besteht.

16. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem das wenigstens eine dritte Filtermedium (14) wenigstens ein Material umfasst, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Papieren, Membranen, Vliesstoffen, Mullstoffen, Gusspolymermembranen und einem Elektretmedium besteht.

17. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem das wenigstens eine dritte Filtermedium (14) wenigstens ein Material umfasst, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus expandiertem Polytetrafluorethylen, Polypropylen, Polyethylen und Polyester besteht.

18. Gegenstand nach Anspruch 7, bei dem das wenigstens eine Filtermedium wenigstens ein Material umfasst, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Papieren, Membranen, Vliesstoffen, Mullstoffen und Gusspolymermembranen besteht.

19. Gegenstand nach Anspruch 7, bei dem das wenigstens eine Filtermedium wenigstens ein Material umfasst, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus expandiertem Polytetrafluorethylen, Polypropylen, Polyethylen und Polyester besteht.

20. Gegenstand nach Anspruch 2, bei dem der Filter weiterhin eine den Einlass umgebende Dichtung (112) umfasst.

21. Gegenstand nach Anspruch 1, weiterhin umfassend eine Dichtung (112), welche zum Abdichten des Gehäuses an dem Filter angebracht ist.

22. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem der Filter weiterhin wenigstens ein Mittel zum Verändern des Luftstroms durch den Filter umfasst, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus einem Venturi (18), einem Schieber (54) und einem Vorsprung besteht.

23. Gegenstand nach Anspruch 1, weiterhin umfassend ein Befestigungsmittel, zum Befestigen des Filters an dem Gehäuse, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus einem Klebstoff, einer Einstechbaugruppe, einer Einrastbaugruppe und einer Einpressdichtungsbaugruppe besteht.

24. Gegenstand nach Anspruch 2, weiterhin umfassend einen Klebstoff zum Befestigen des Filters an dem Gehäuse, welches das Einlassloch umgibt.

25. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem das wenigstens eine zweite Filtermedium (7) die Öffnung in dem zweiten Ende (64) abdeckt, dadurch das Volumen (16) in dem starren Rahmen (5) umschließt, so dass eine Kammer mit dem darin angeordneten Adsorptionsmittel (6) gebildet wird.

26. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem der starre Rahmen (5) vier Seiten aufweist, wobei ein Einlass (9) in einer der vier Seiten und ein Diffusionsrohr (24) über dem Einlass (9) angeordnet ist; wobei dann, wenn der Filter in dem Gehäuse so angeordnet ist, dass das Diffusionsrohr (24) mit einer Belüftungsöffnung in dem Gehäuse fluchtet, der Filter in der Lage ist, Verschmutzungen aus der Luft, welche in die Umgebung austritt, und Verschmutzungen, welche in dem Gehäuse vorhanden sind, zu entfernen.

27. Gegenstand nach Anspruch 1, bei dem der Filter (82) umfasst: einen starren dreidimensionalen Rahmen (84) mit der Form im Wesentlichen der eines Parallelogramms, umfassend: ein erstes offenes Ende (90) und ein zweites offenes Ende, jede Öffnung mit einer oberen Kante, einer unteren Kante und zwei Seitenkanten; einen Boden, zwei Seiten, jede mit einer darin befindlichen Öffnung, und einem Kopfteil mit einer darin befindlichen Öffnung, welche die zwei offenen Enden verbindet; und einen Rahmenabschnitt (92) mit einer darin befindlichen Öffnung, welche den starren Rahmen zweiteilt und sich von der unteren Kante des ersten offenen Endes bis zu der oberen Kante des zweiten offenen Endes erstreckt; mindestens ein erstes Filtermedium (94), welches die Öffnung in dem zweigeteilten Rahmenabschnitt (92) abdeckt und wenigstens einem vierten Filtermedium, welches wenigstens einen Teil der Seiten abdeckt, welche die Seitenkanten der offenen Enden so verbinden, dass unterhalb des zweigeteilten Rahmenabschnitts (92) eine Kammer (86) gebildet wird; und mindestens ein Adsorptionsmittel (86), welches innerhalb der Kammer (86) angeordnet ist.

28. Gegenstand nach Anspruch 27, weiterhin umfassend ein Einlassloch (106) im Boden.

29. Gegenstand nach Anspruch 27, weiterhin umfassend ein Filtermedium, welches das Einlassloch (106) abdeckt.

30. Gegenstand nach Anspruch 27, weiterhin umfassend ein Diffusionsrohr (104), welches mit dem Einlassloch (106) fluchtet.

31. Gegenstand nach Anspruch 27, bei dem der Boden eine Öffnung (108) enthält, welche durch mindestens ein Filtermedium abgedeckt ist.

32. Gegenstand nach Anspruch 27, bei dem das erste Filtermedium, das zweite Filtermedium, das dritte Filtermedium und das vierte Filtermedium die gleichen Eigenschaften aufweisen.

33. Gegenstand nach Anspruch 27, bei dem das erste Filtermedium, das zweite Filtermedium, das dritte Filtermedium und das vierte Filtermedium unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.

34. Gegenstand nach Anspruch 28, bei dem der Filter weiterhin eine den Einlass (106) umgebende Dichtung (112) umfasst.

35. Gegenstand nach Anspruch 27, weiterhin umfassend ein Befestigungsmittel zum Befestigen des Filters an dem Gehäuse, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus einem Klebstoff, einer Einstektbaugruppe, einer Einrastbaugruppe und einer Einpressdichtungsbaugruppe besteht.

36. Gegenstand nach Anspruch 28, weiterhin umfassend einen Klebstoff zum Befestigen des Filters an dem Gehäuse, welches das Einlassloch umgibt.

Es folgen 19 Blatt Zeichnungen

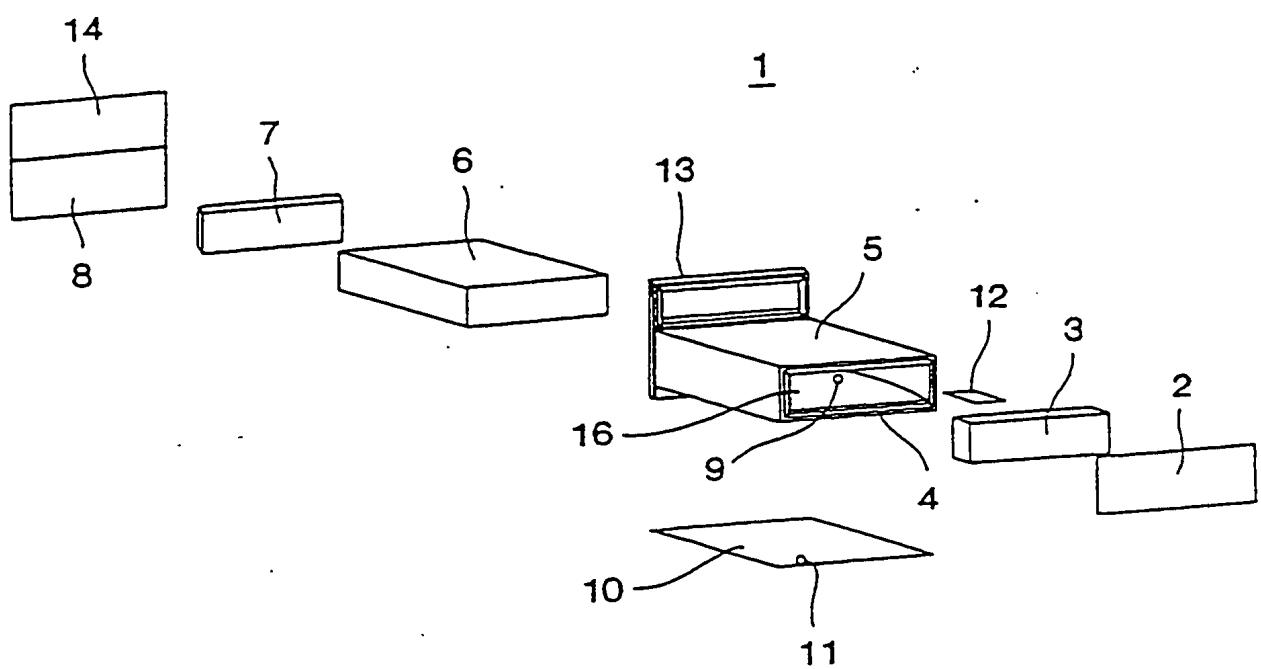
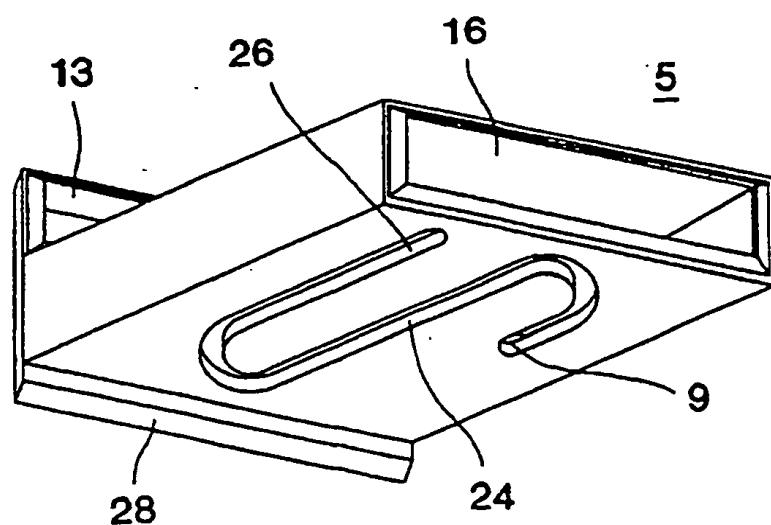
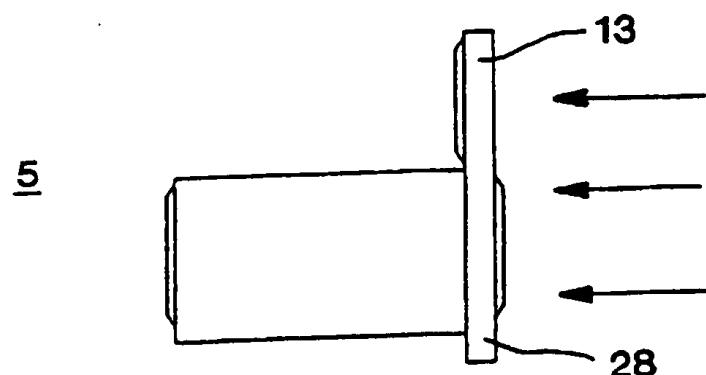
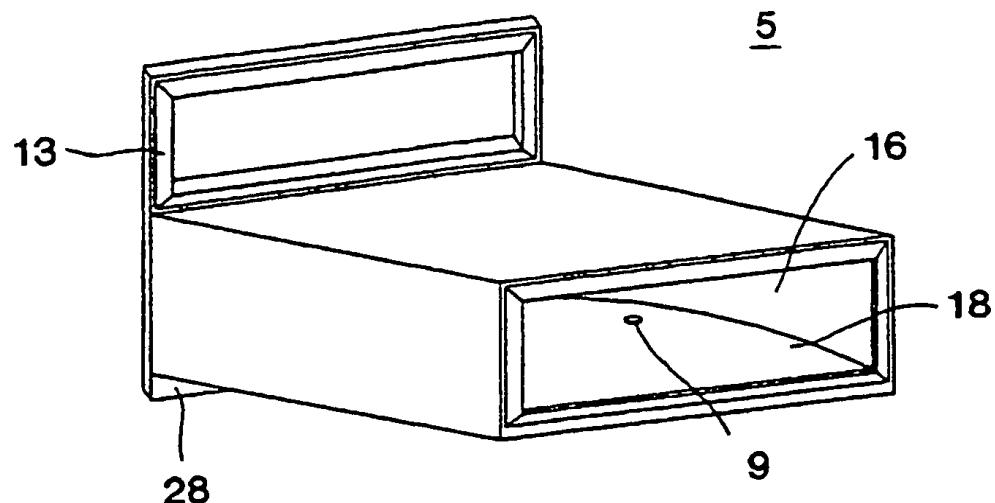


FIG. 1



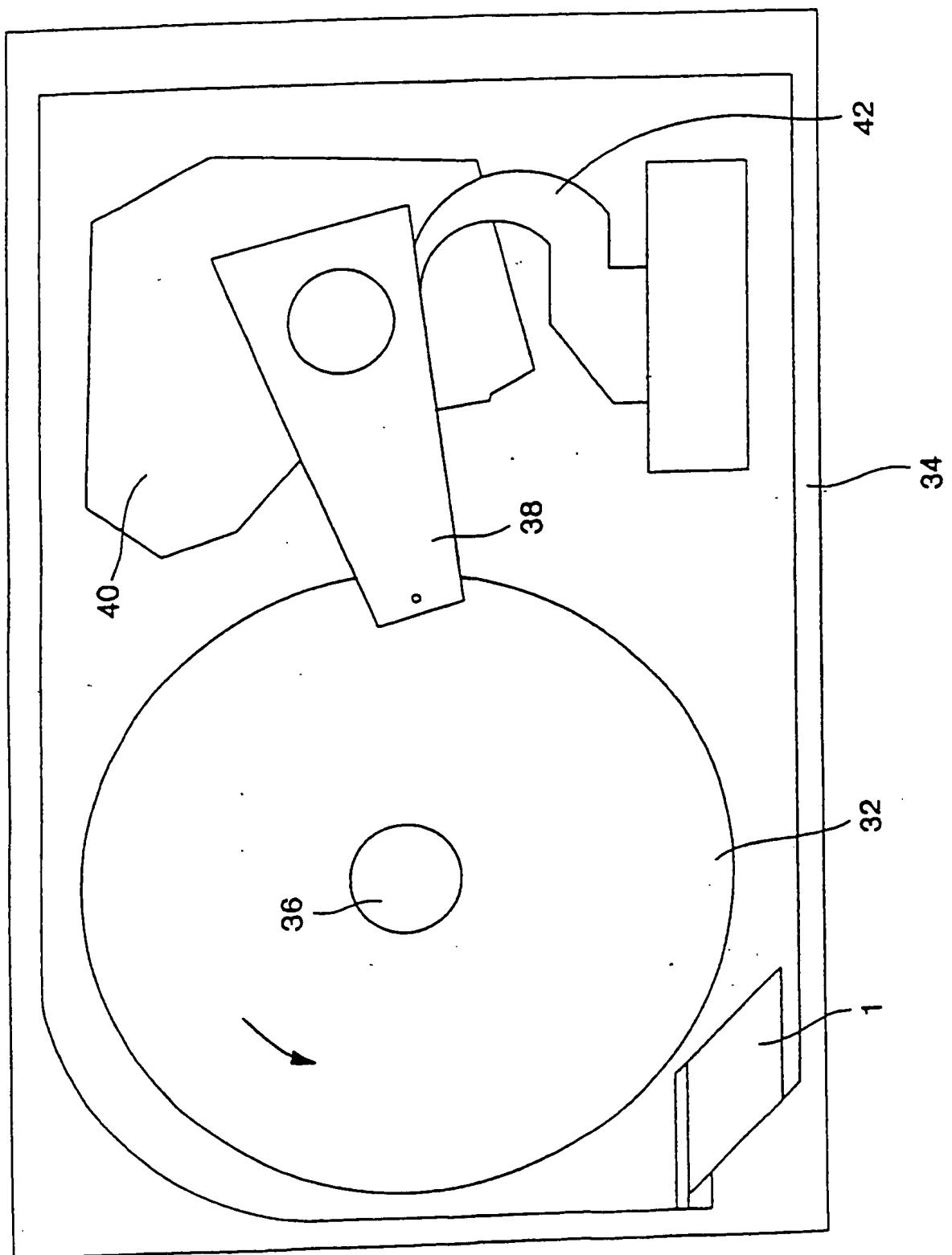
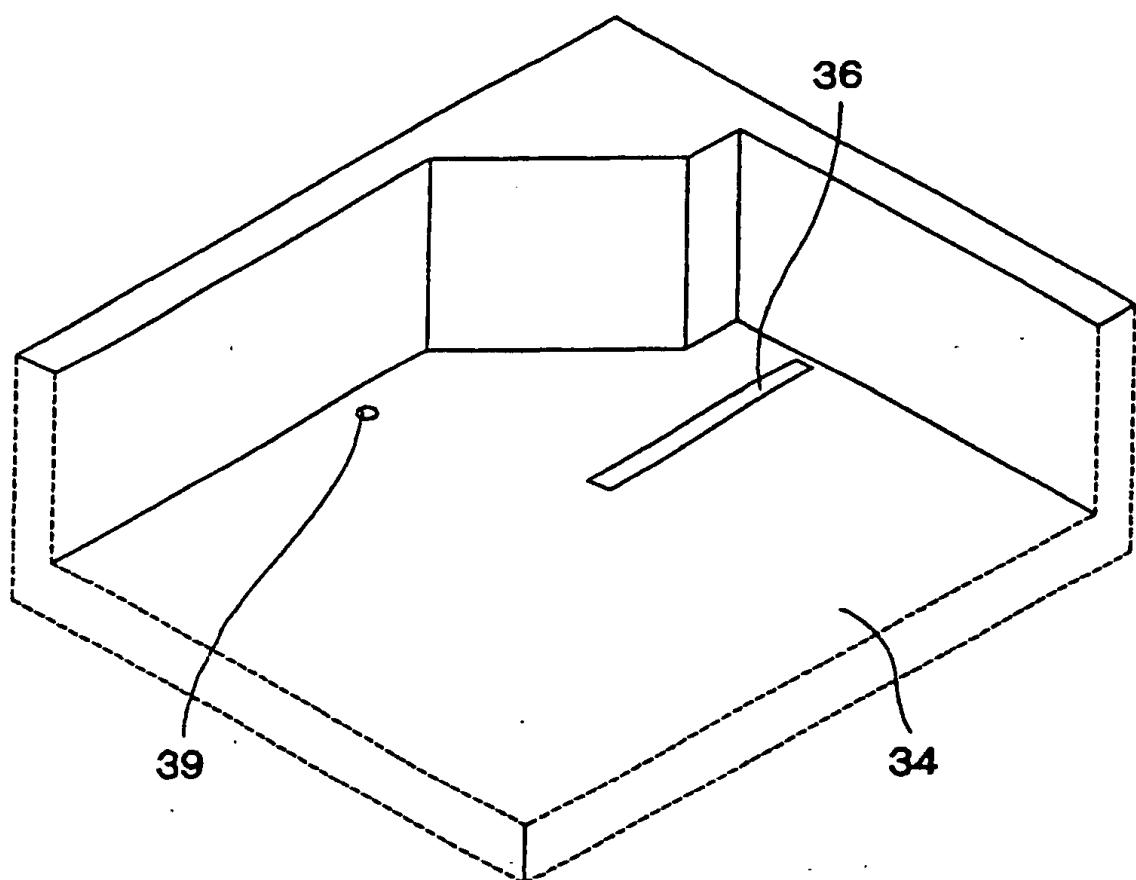


FIG. 3



**FIG. 4**

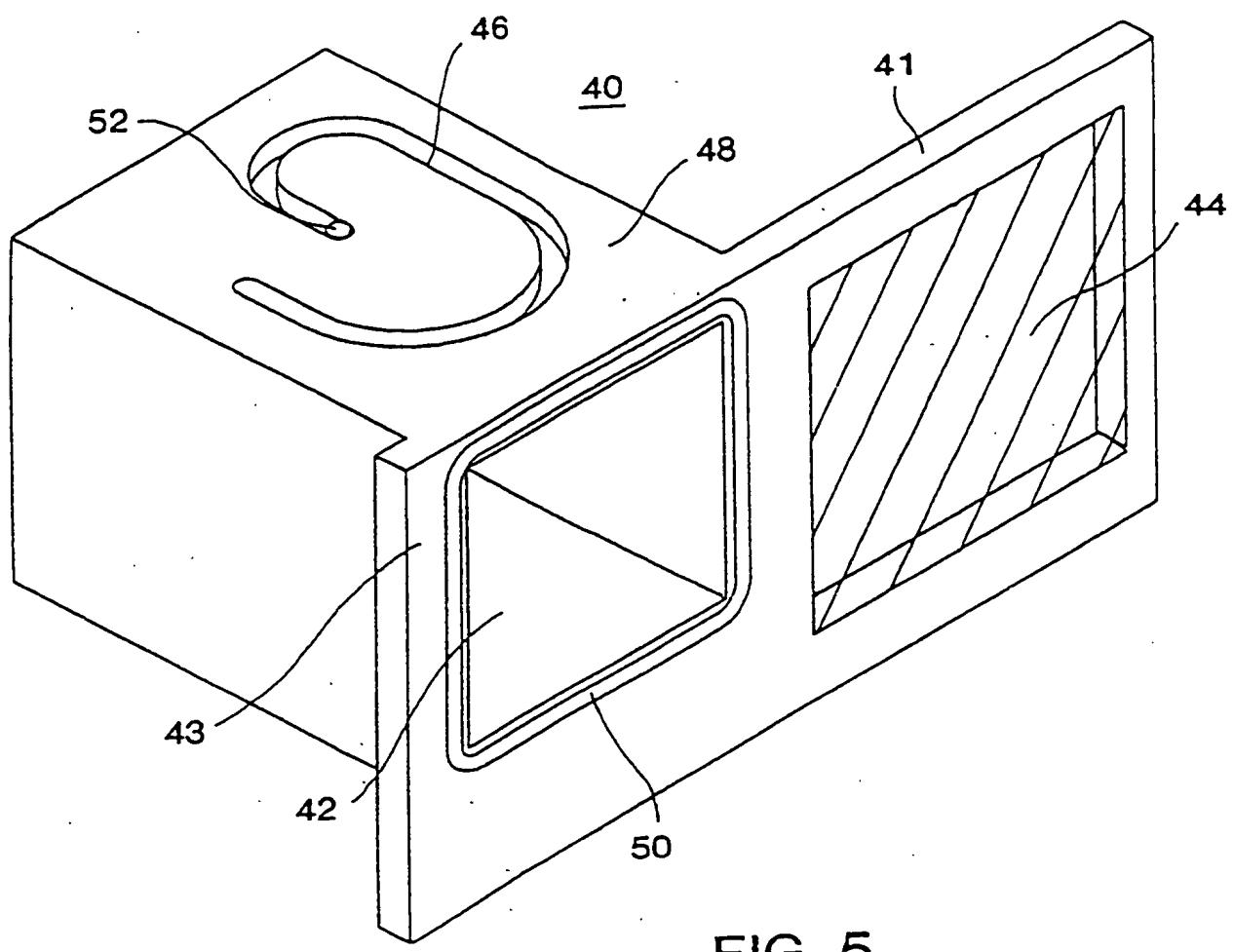


FIG. 5

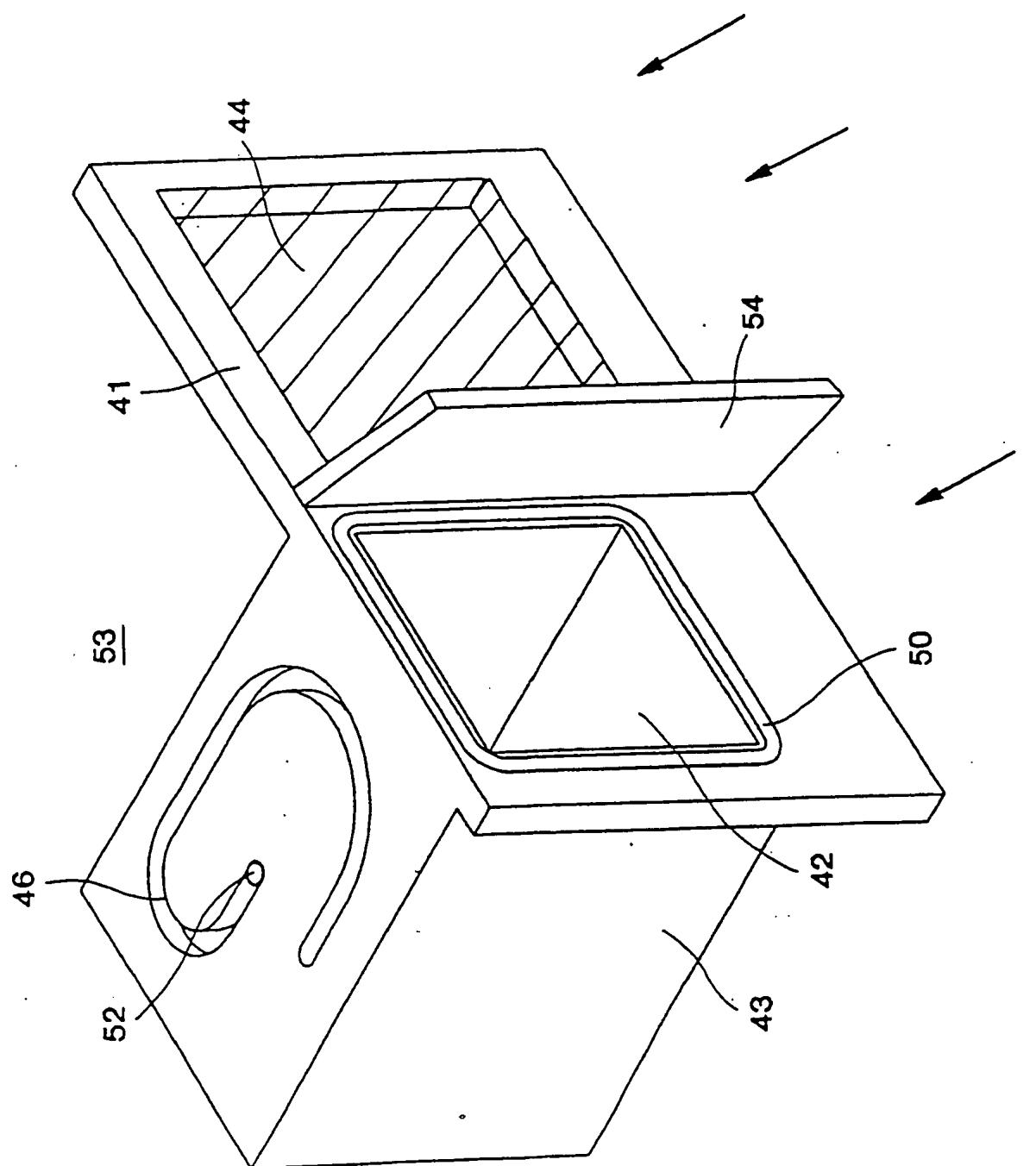
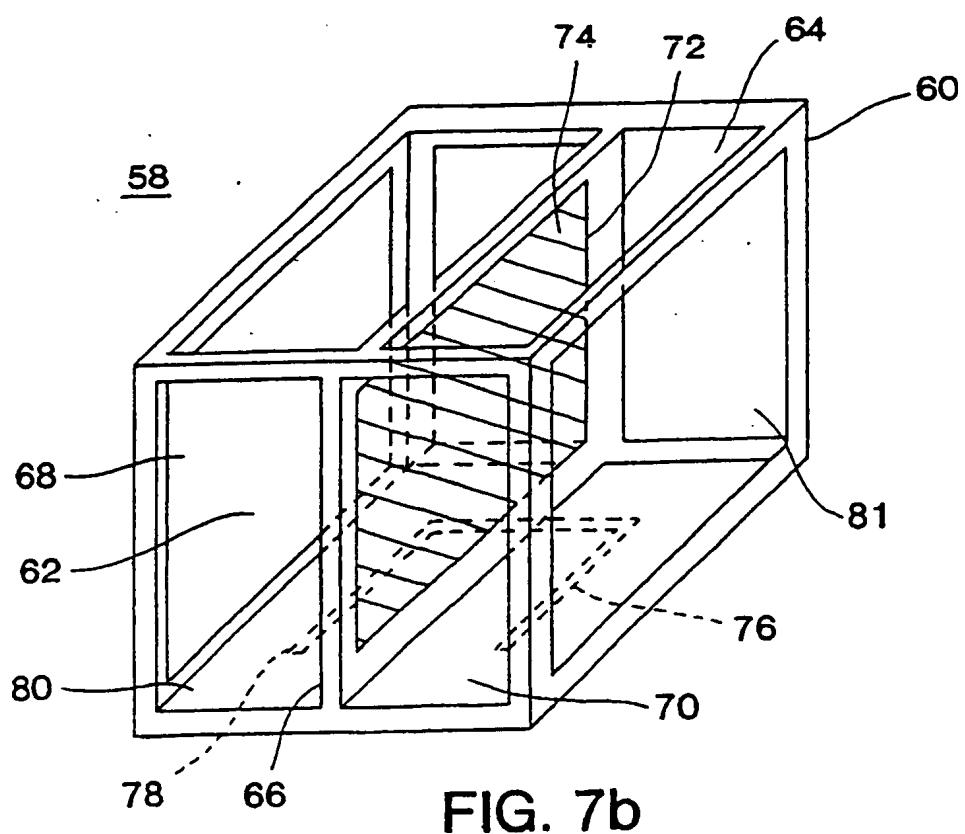
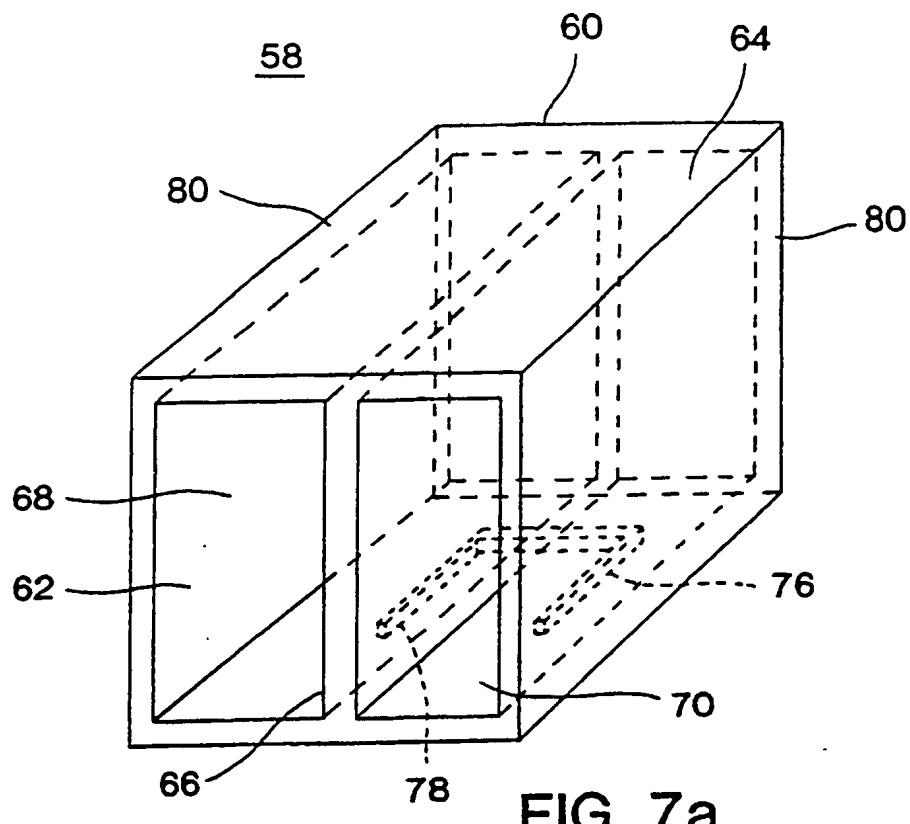


FIG. 6



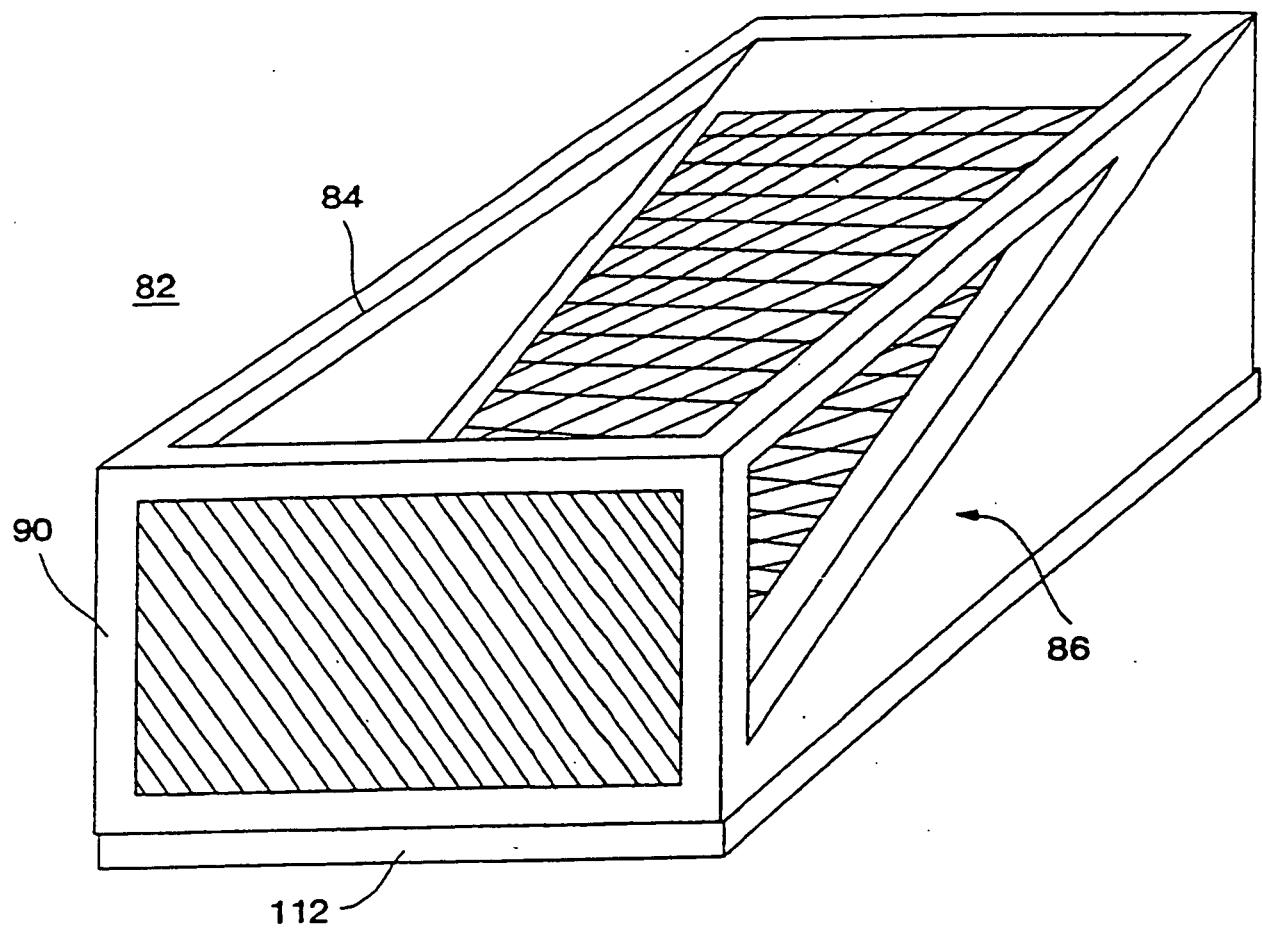


FIG. 8a

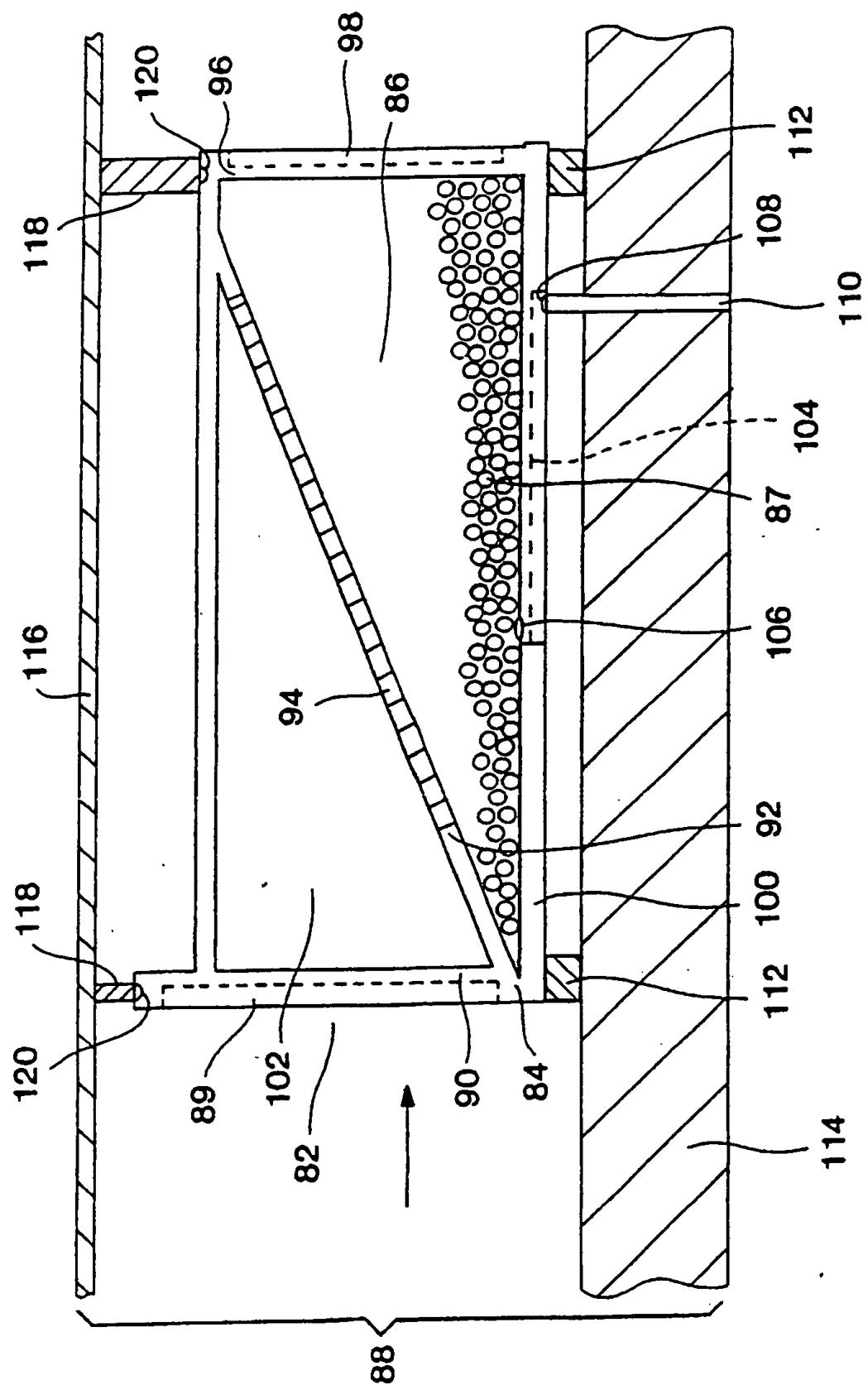
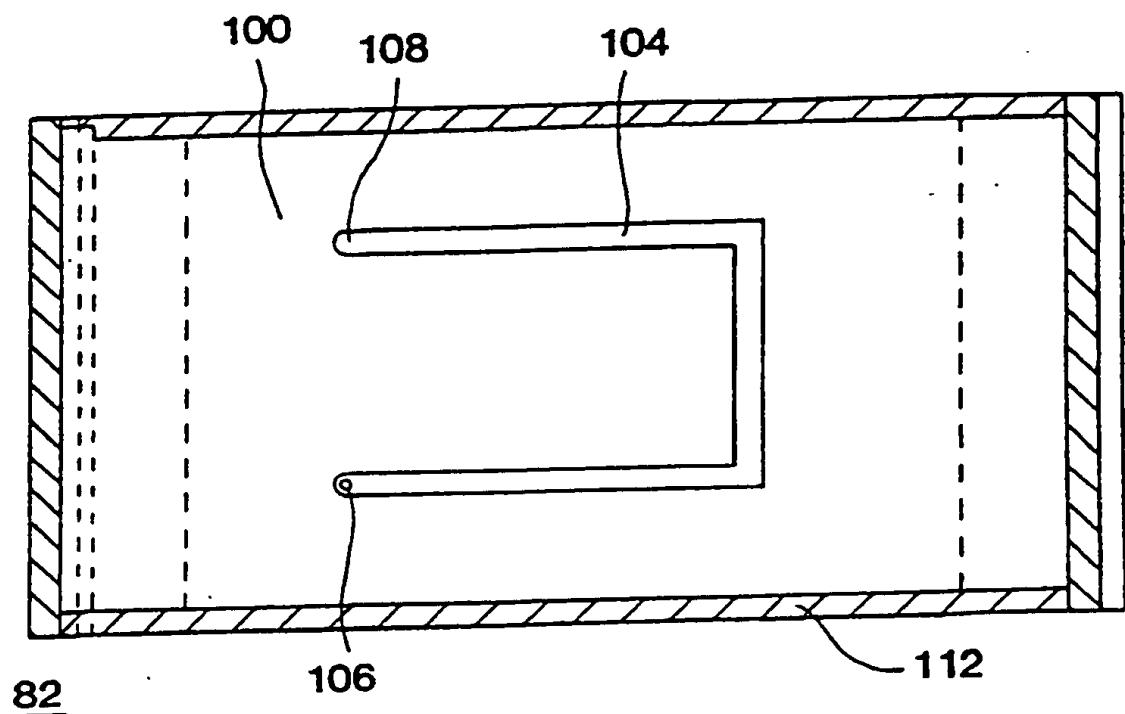


FIG. 8b



**FIG. 8c**

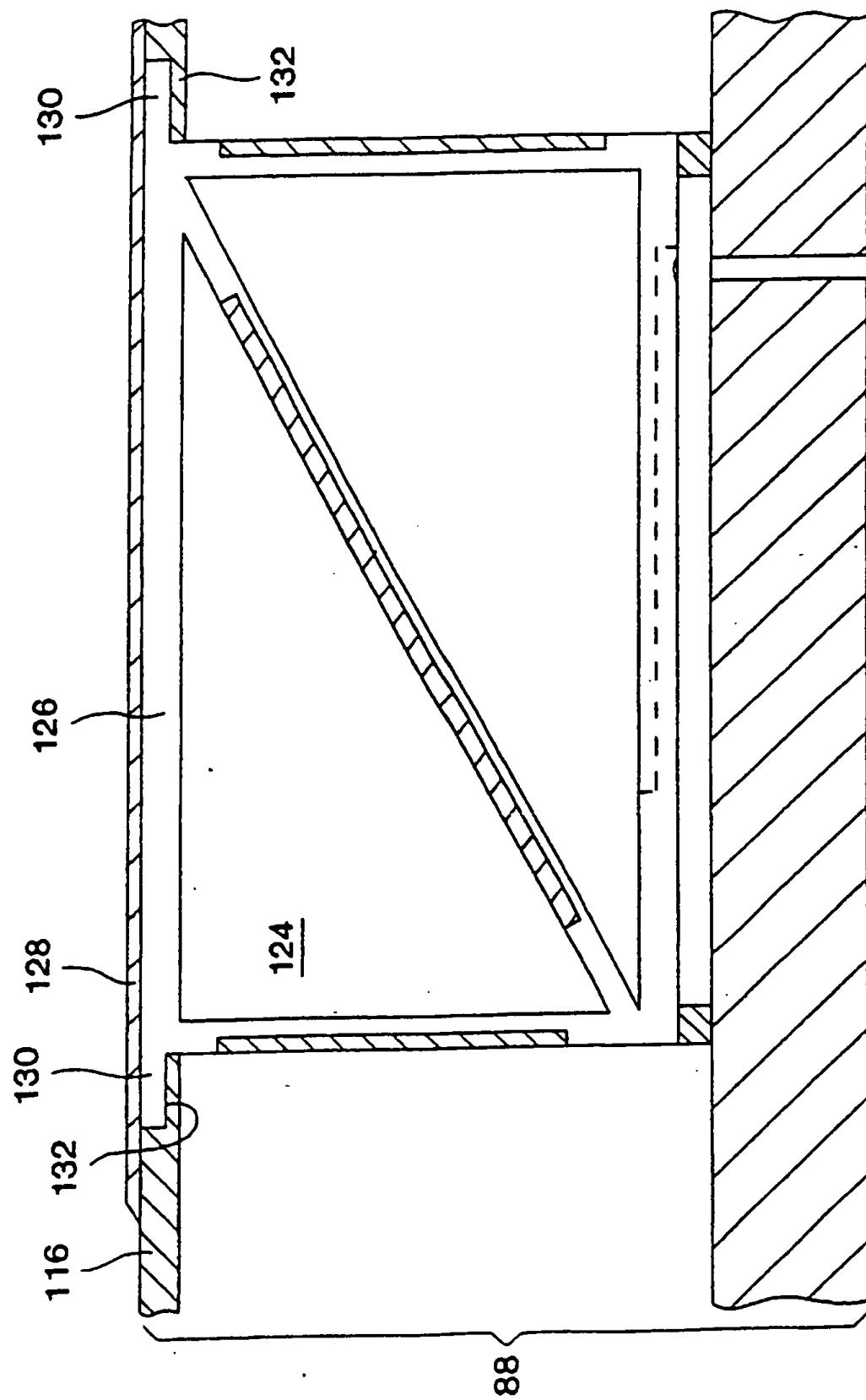
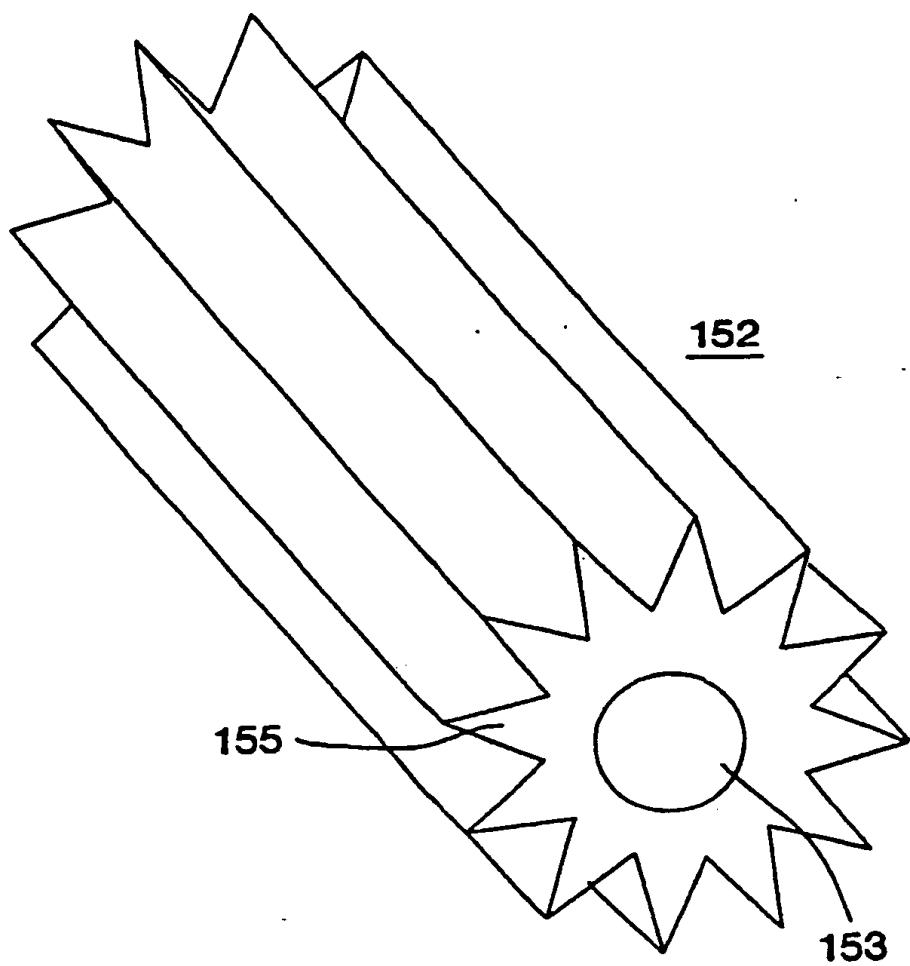
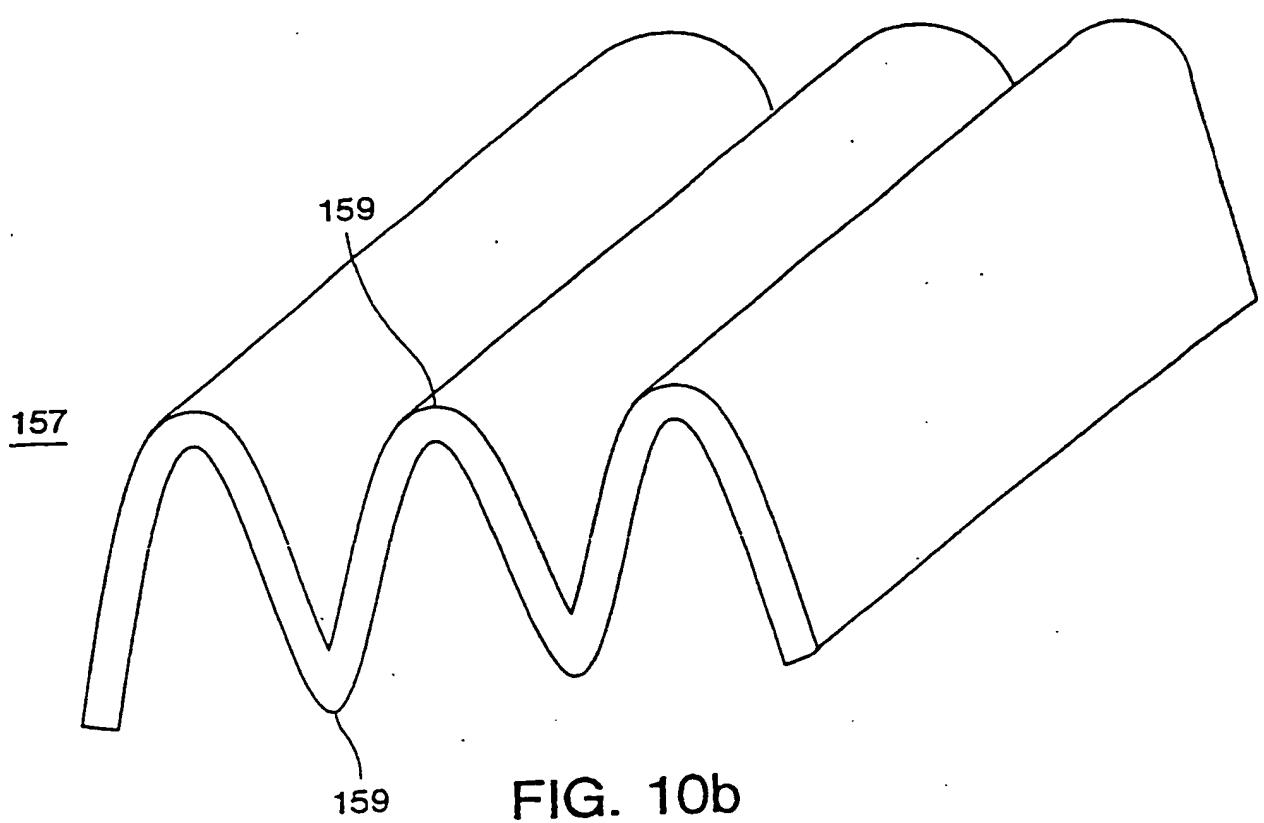


FIG. 9



**FIG. 10a**



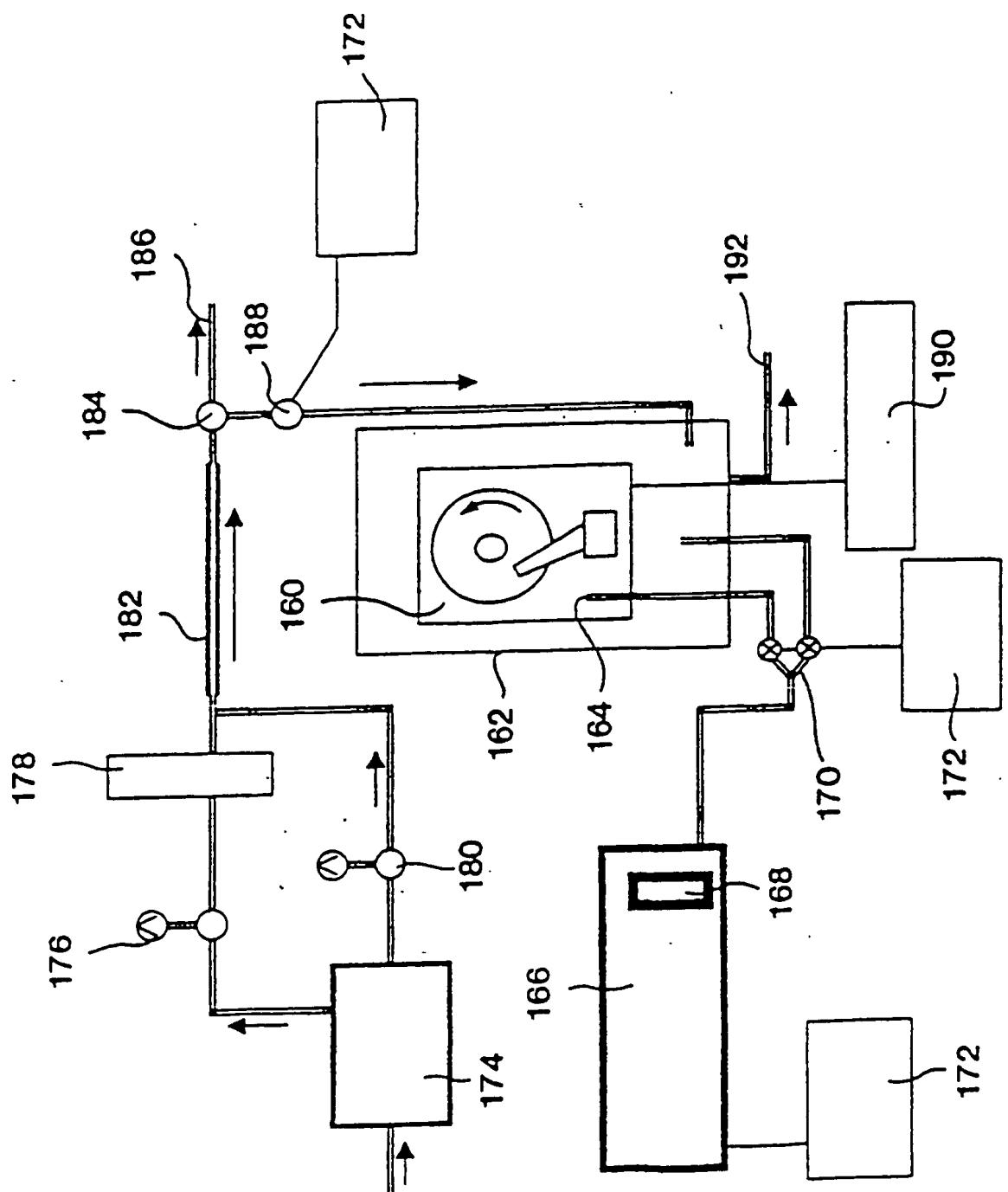


FIG. 11a

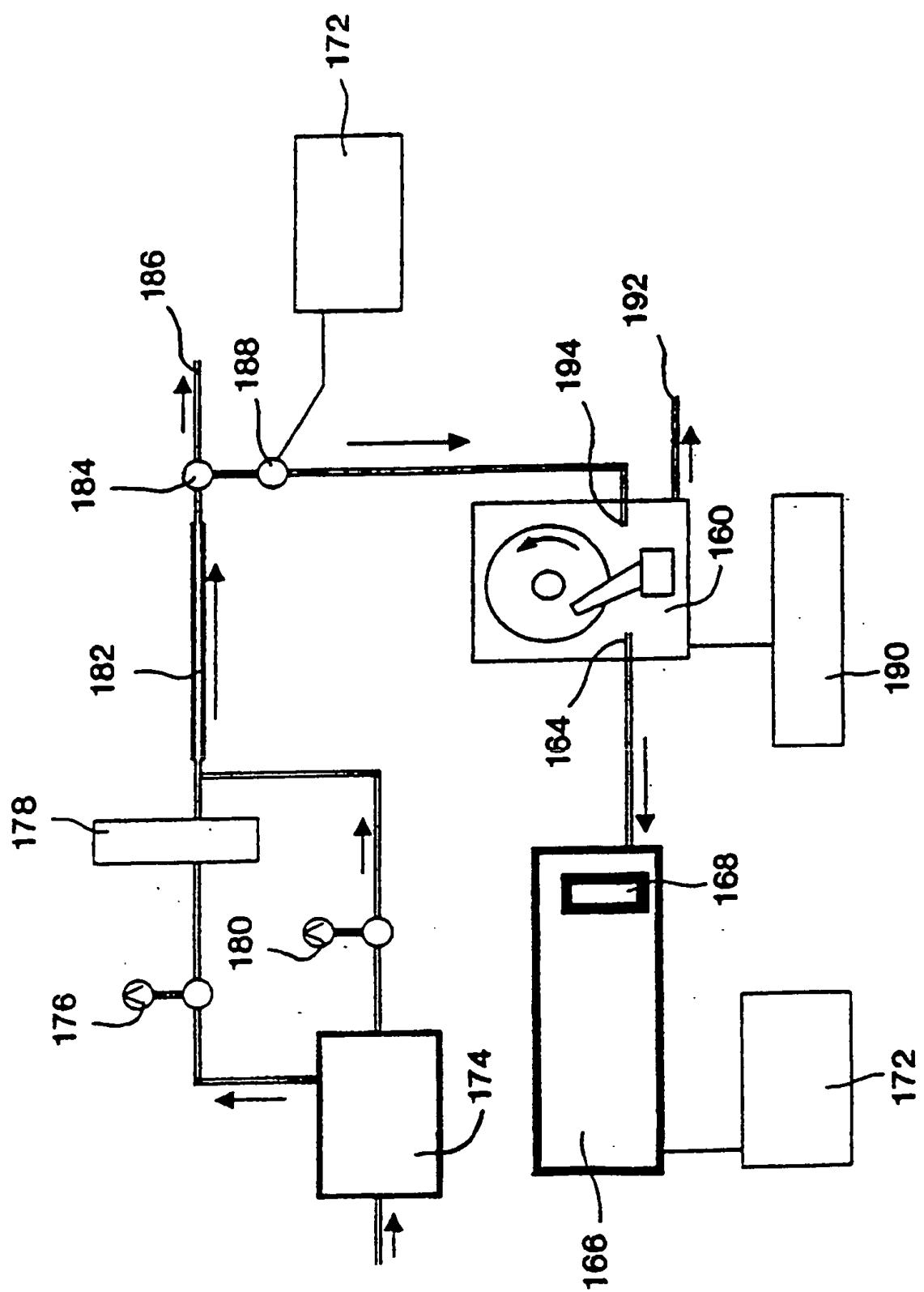


FIG. 11b

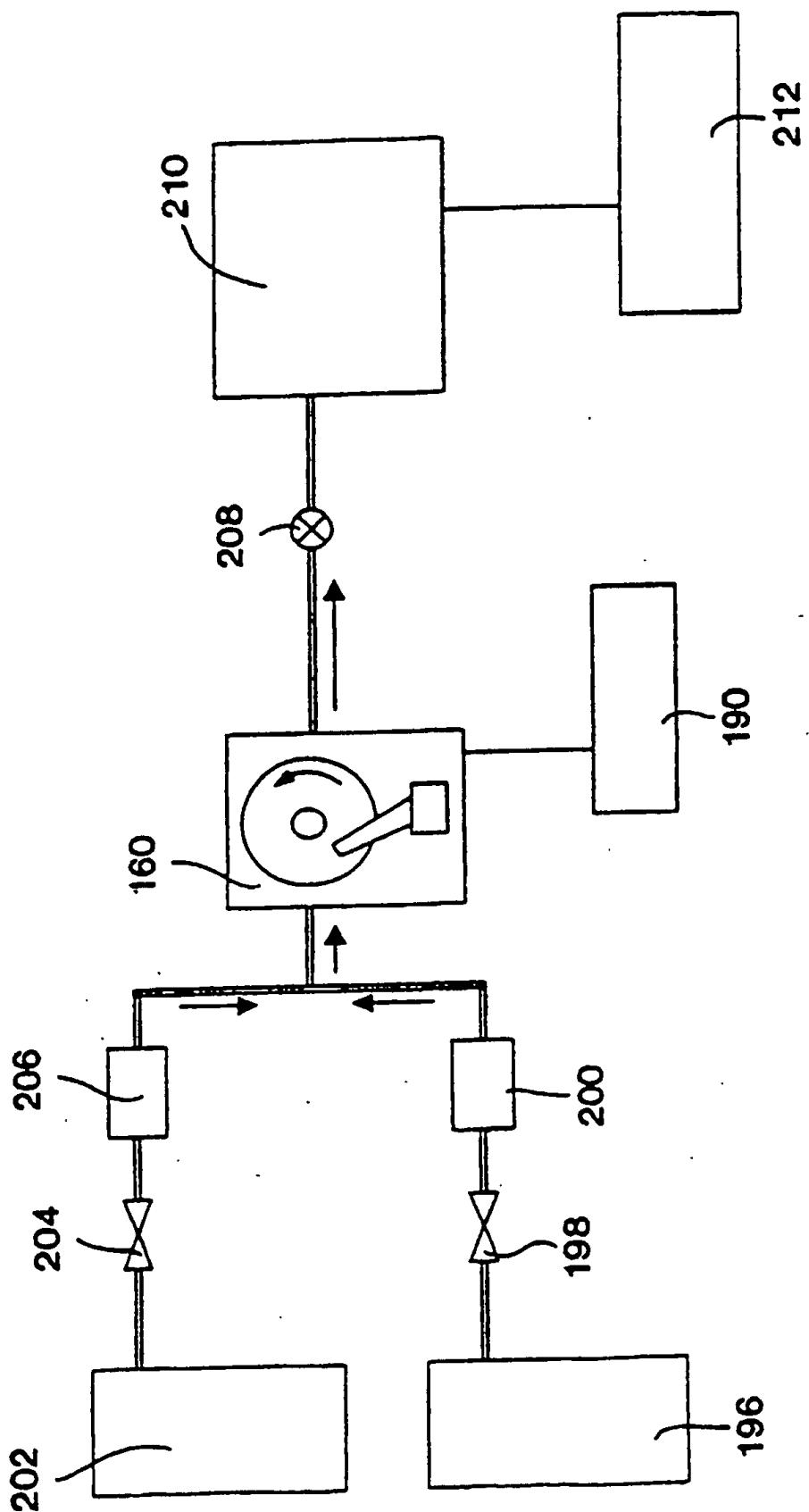
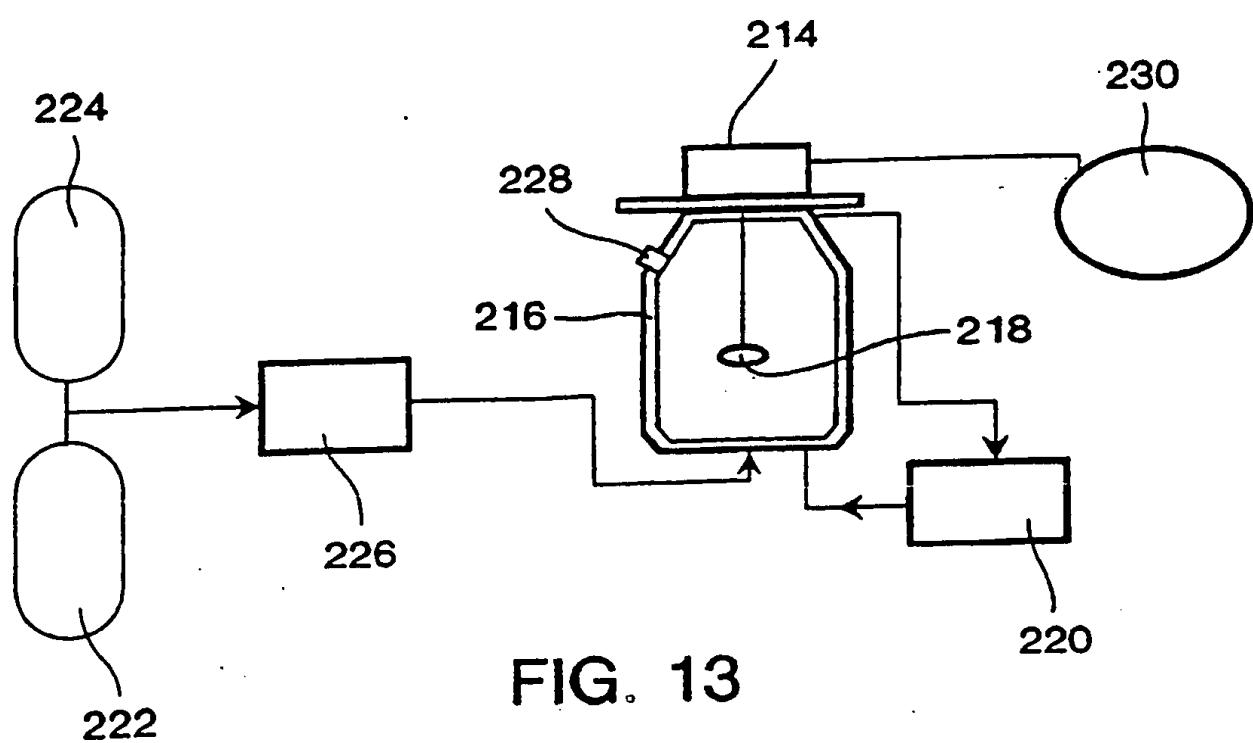


FIG. 12



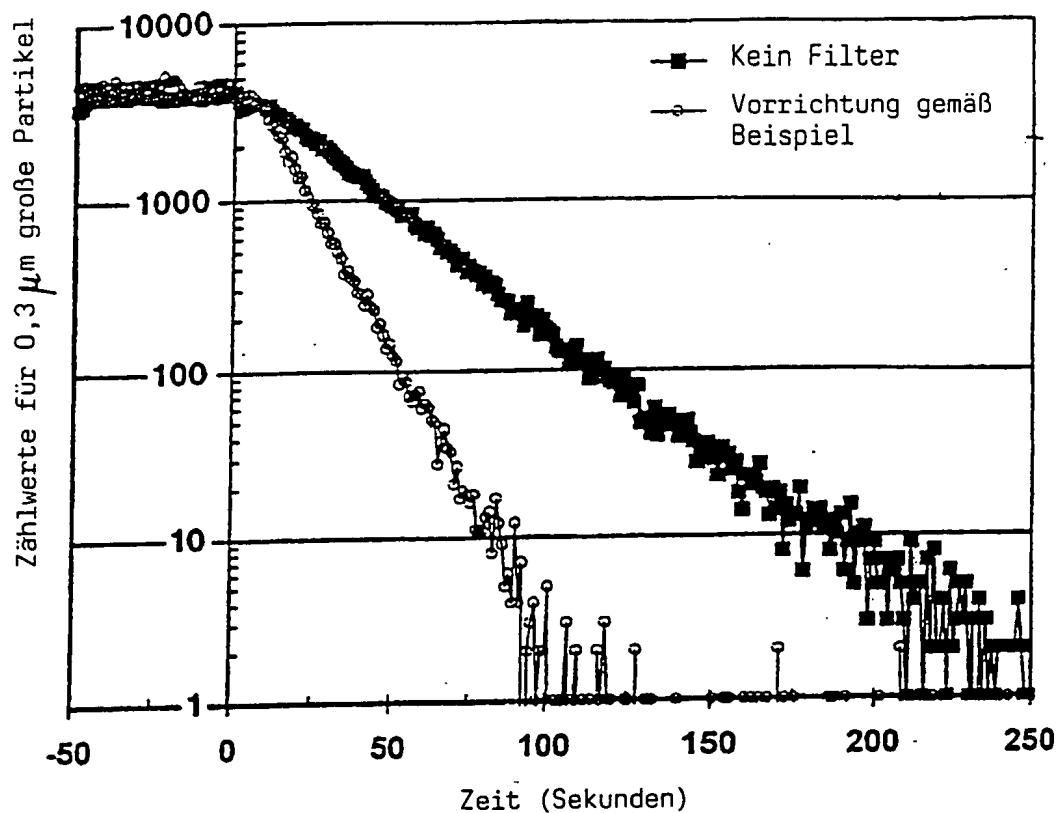


FIG. 14

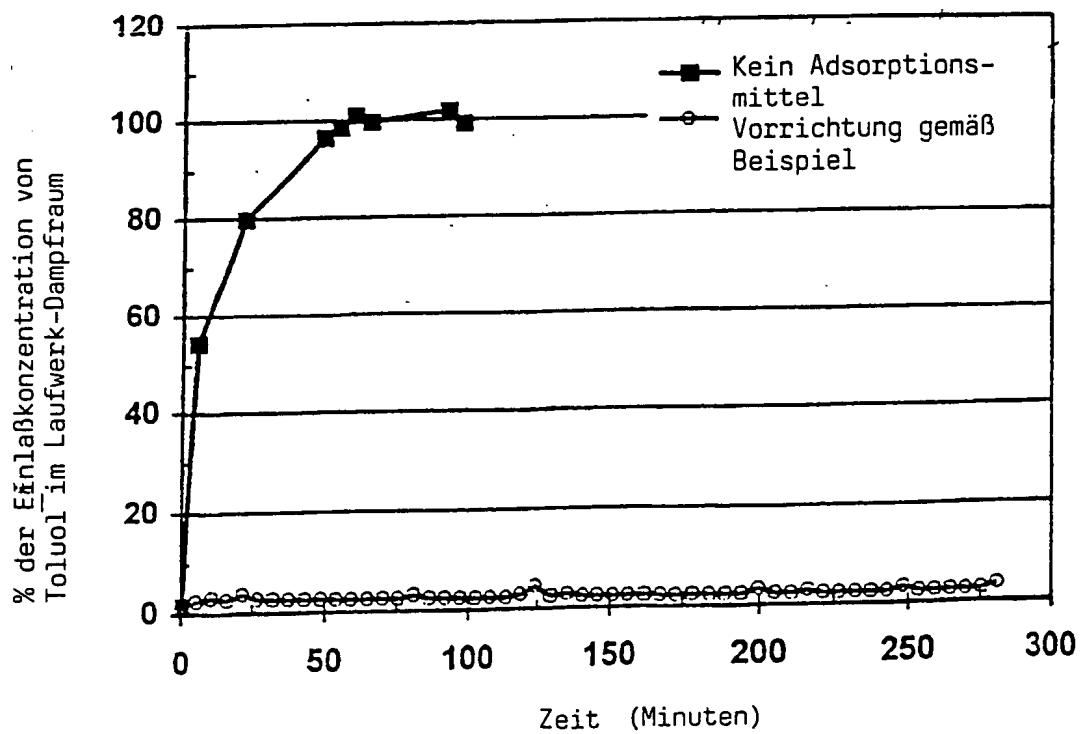


FIG. 15

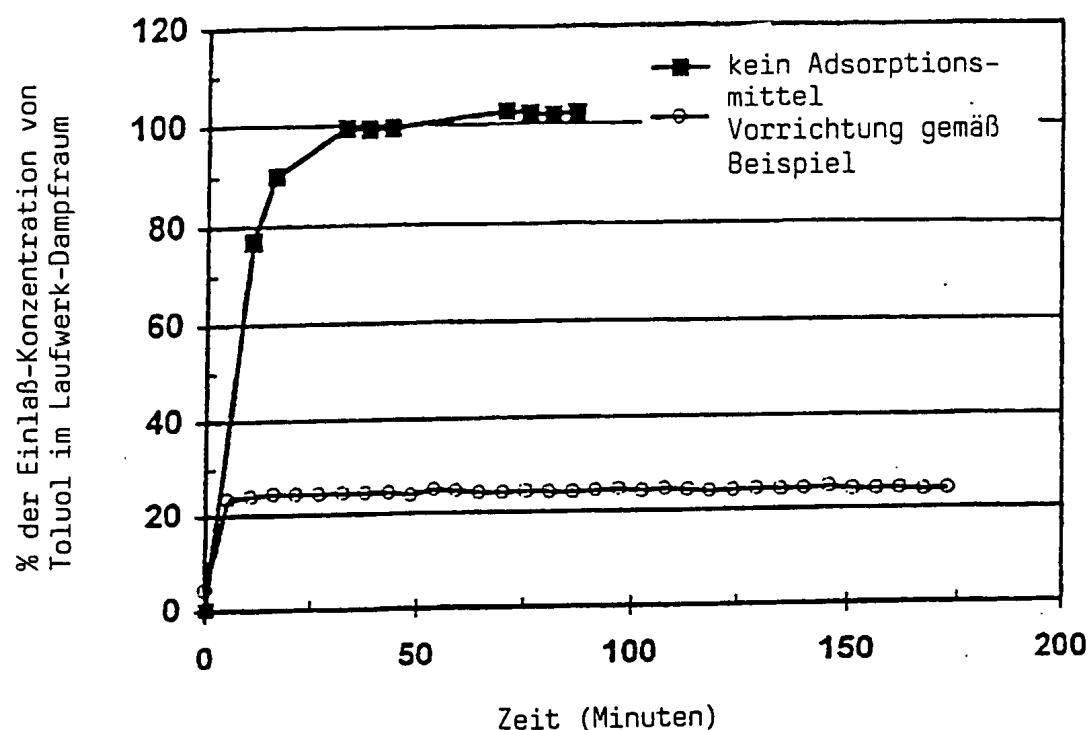


FIG. 16

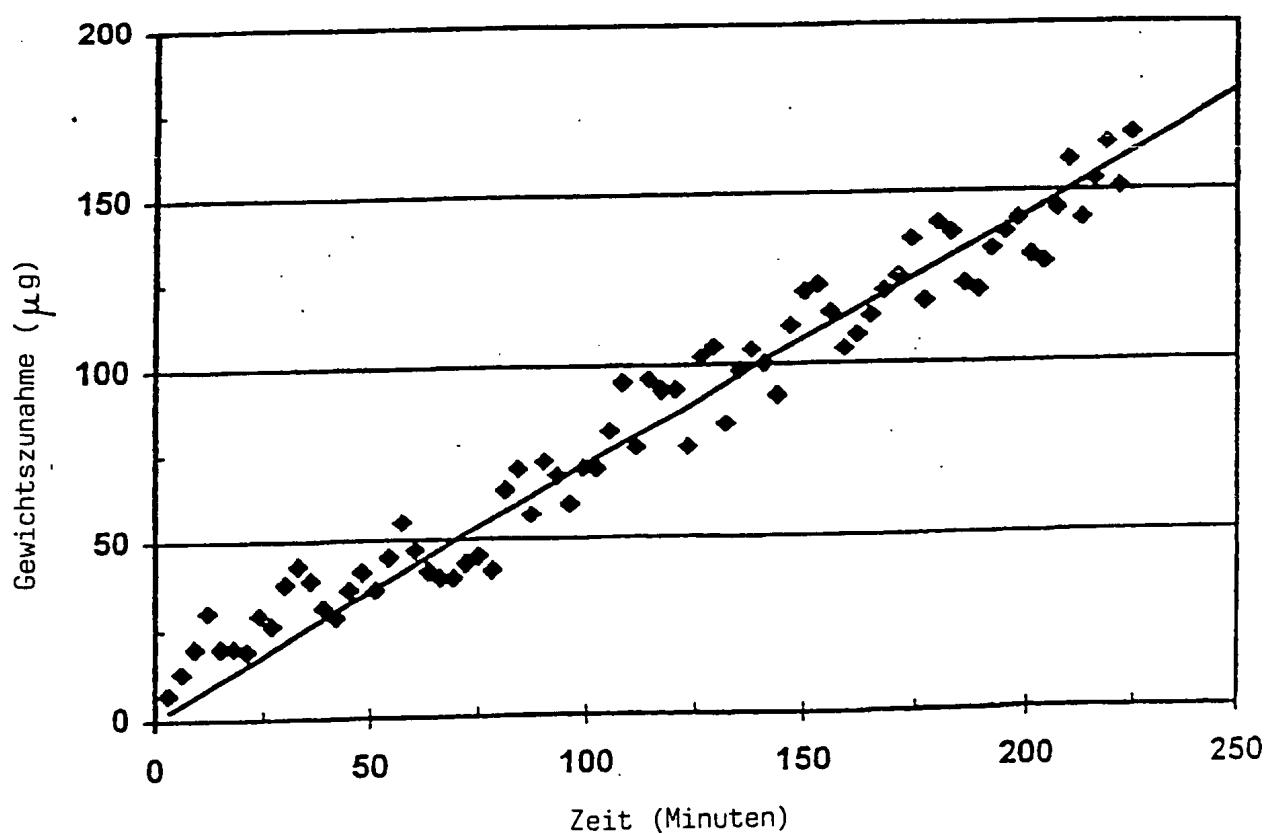


FIG. 17