



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 060 593 A1** 2006.06.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 060 593.9**

(22) Anmeldetag: **09.12.2004**

(43) Offenlegungstag: **22.06.2006**

(51) Int Cl.⁸: **B03C 3/28** (2006.01)

B01D 39/14 (2006.01)

B01D 39/16 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung
Stuttgart - Stiftung des öffentlichen Rechts, 73770
Denkendorf, DE; Ahlbrandt System GmbH, 36341
Lauterbach, DE; Junker-Filter GmbH, 74889
Sinsheim, DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster &
Partner, 70174 Stuttgart**

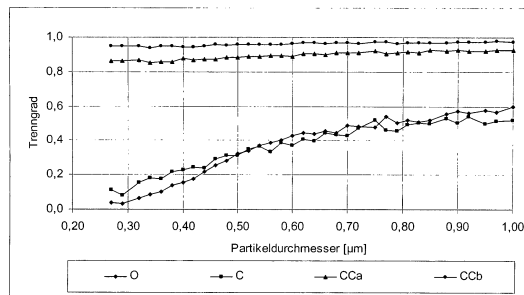
(72) Erfinder:

**Ernst, Michael, 75378 Bad Liebenzell, DE;
Stegmaier, Thomas, 73277 Owen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektretfilter**

(57) Zusammenfassung: Ein Elektretfilter aus einem Trägermaterial, vorzugsweise aus einem herkömmlichen Filtermaterial, und mindestens einer elektretfähigen Substanz wird bereitgestellt, wobei die elektretfähige Substanz ein schmelzbares Polymer ist und eine immobilisierte Ladung trägt. Er kann zur Verbesserung der Abscheideeffizienz von partikulärem Material in der Anfangsfiltrationsphase dienen und ist im Bereich Oberflächenfiltration einer Reaktivierung zugänglich.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Elektretfilter, ein Verfahren zur Herstellung eines Elektretfilters sowie die Verwendung eines Elektretfilters zur Verbesserung der Abscheideeffizienz von partikulärem Material.

[0002] In den letzten Jahren sind die Anforderungen an die Abscheidegrade von Filtern, insbesondere für Partikel kleiner als ein 1 µm, ständig gewachsen. Die Gründe hierfür liegen in den Verordnungen zur Luftreinhaltung, den Verbesserungen des persönlichen Atemschutzes sowie dem Schutz von Produkten vor Partikelkontamination und nicht zuletzt in einem ständig steigenden Bewusstsein um die gesundheitliche Gefährdung durch Fein- und Feinststäube.

Stand der Technik

[0003] Zur Abscheidung von festen und flüssigen Partikeln aus Luft bzw. Gas werden heute überwiegend Faserschichtfilter bzw. Tiefenfilter als Filtermedien eingesetzt. Tiefenfilter arbeiten nach mechanischen Abscheidekriterien und weisen im sogenannten „Most Penetrating Particle Size“-Bereich („MPPS“-Bereich) ein Minimum in der Abscheideeffizienz auf, welches hauptsächlich in der Anfangsfiltrationsphase (Einschwingverhalten des Filters) sehr ausgeprägt und damit unerwünscht ist.

[0004] Unter Beibehaltung eines akzeptablen Druckverlustes bietet sich die Möglichkeit zur Steigerung der Abscheideeffizienz im „MPPS“-Bereich durch den gezielten Einsatz zusätzlicher elektrostatischer Abscheidemechanismen an. Elektretfilter verfügen über die Zusatzkomponente Elektrostatik, d.h. Partikel werden neben mechanischen Abscheidemechanismen, wie Interception, Trägheit bzw. Impaktion, Diffusion und Schwerkraft auch durch Coulomb-, Dipol- und Spiegelladungskräfte abgeschieden. Auf diese Weise können deutliche Verbesserungen in der Filtrationsleistung erzielt werden.

[0005] Zur Herstellung eines Elektretfilters wird normalerweise ein handelsübliches Filtermaterial verwendet. Dabei konnte sich die Coronatechnologie als Elektretbehandlung etablieren. Kimberly-Clark veröffentlichte 1996 ein Verfahren zur Herstellung eines Elektretfiltermaterials mittels Beschichtungsverfahren [PCT/US97/22365, WO 98/24552 A1]. Als Ausgangsmaterial dient dort ein Filtermaterial (Papier, Baumwolle), welches mit einer dielektrischen Substanz ausgerüstet wird und anschließend einer Elektretbehandlung zugeführt wird. Die aufgeführten Filtrationsergebnisse nach einminütiger Filtration von 0.1 µm Natriumchloridpartikel zeigen jedoch nur geringe Verbesserungen im Filtrationsverhalten. Ferner werden keine Angaben zur Stabilität der Ladungen gemacht.

[0006] Probleme bei der Ladungsstabilität, Akzeptanz der zeitlichen Begrenzung des Effektes in der Filtrationsphase und neue Entwicklungsfortschritte im Bereich der Nanofasern haben dem Ruf der Elektretfilter in den letzten Jahren nachhaltig geschadet, so dass die Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet deutlich abgenommen haben.

Aufgabenstellung

[0007] Die Erfindung stellt sich daher die Aufgabe, einen Elektretfilter bereitzustellen, der eine ausreichende Langzeitstabilität und thermische Stabilität der Ladung besitzt. Weiterhin soll durch den bereitgestellten Elektretfilter eine deutliche Steigerung der Abscheideeffizienz im „MPPS“-Bereich bewirkt werden.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Elektretfilter aus einem Trägermaterial mit Filtereigenschaften und einer elektretfähigen Substanz, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz mindestens ein schmelzbares Polymer ist, das mit dem Träger fest verbunden ist, und eine immobilisierte Ladung trägt. Durch die immobilisierte Ladung ergeben sich zahlreiche Vorteile.

[0009] Der erfindungsgemäße Elektretfilter umfasst ein Trägermaterial mit Filtereigenschaften und mindestens eine elektretfähige Substanz, wobei die elektretfähige Substanz mindestens ein schmelzbares Polymer ist, das mit dem Träger fest verbunden ist, und eine immobilisierte Ladung trägt. In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung liegt der Elektretfilter als Oberflächenfilter oder als Tiefenfilter, insbesondere als Faltenfilter oder als Filter, mit Plissierung vor. Mit Vorteil ist die immobilisierte Ladung der elektretfähigen Substanz in Abhängigkeit vom Schmelzbereich des Elektretmaterials bis mindestens 70°C, insbesondere bis mindestens 100°C, vorzugsweise bis 120°C, stabil. Auch gegenüber einer deutlich erhöhten Luftfeuchtigkeit, insbesondere gegenüber einer Luftfeuchtigkeit von 80%, ist die immobilisierte Ladung des erfindungsgemäßen Elektretfilters stabil.

[0010] Erfindungsgemäß kann es sich bei der elektretfähigen Substanz um ein Polyolefin, insbesondere um ein Polyethylen und/oder Polypropylen, handeln. Vorteilhafterweise besitzt die elektretfähige Substanz eine Molmasse von 1500 bis 2000 g/mol, insbesondere 1600 g/mol.

[0011] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung besitzt die elektretfähige Substanz einen Tropfpunkt von 110°C bis 135°C, insbesondere 125°C bis 135°C. Mit Vorteil zeichnet sich die elektretfähige Substanz dadurch aus, dass sie vorzugsweise kristallin ist, insbesondere ein niedermolekulares, hochkristallines Niederdruckpolyolefin

mit Wachscharakter ist.

[0012] Ein Beispiel für eine besonders geeignete elektretfähige Substanz ist ein Polyethylen-Hartparaffin (A₁), wobei es sich um niedermolekulares Niederdruckpolyethylen mit Wachscharakter handelt, das eine hochkristalline Substanz mit einem Tropfpunkt von 125°C bis 135°C darstellt. Weiterhin kann die elektretfähige Substanz durch Oxidation, Verseifung, Veresterung und Compoundierung modifiziert sein.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist eine Mischung von elektretfähigen Substanzen, insbesondere eine binäre oder ternäre Mischung, auf das Trägermaterial aufgebracht. Beispielsweise kann das Polyethylen-Hartparaffin (A₁) in Kombination mit Polytetrafluorethylen oder in Kombination mit Carnauba-Wachs und einem modifizierten Polypropylen-Wachs auf das Trägermaterial aufgebracht sein. Aus verfahrenstechnischen Gründen sowie aus Kostengründen kann es aber auch bevorzugt sein, dass die elektretfähige Substanz, insbesondere das Polyethylen-Hartparaffin (A₁), solitär auf das Trägermaterial aufgebracht ist.

[0014] Bei dem Trägermaterial der vorliegenden Erfindung kann es sich um einen festen Träger, der einen höheren Schmelzpunkt als die elektretfähige Substanz besitzt, handeln. Das Trägermaterial stellt vorzugsweise ein Material mit Filtereigenschaften dar. Mit Vorteil ist das Trägermaterial ein handelsübliches Filtermaterial, das nicht oder nur schlecht elektrostatisch quasipermanent aufladbar ist. In besonders vorteilhafter Weise handelt es sich bei dem Trägermaterial um einen Oberflächen- oder Tiefenfilter.

[0015] In einer weiteren Ausführungsform kann das Trägermaterial mit beispielsweise einem Metall, vorzugsweise mit Aluminium, einseitig bedampft sein. Ferner kann sich auf dem Trägermaterial eine zusätzliche einseitige Feinfaserschicht, insbesondere eine Meltblown-Feinfaserschicht aus Polypropylen oder Polyester, befinden.

[0016] In einer besonderen Weiterbildung der Erfindung handelt es sich bei dem Trägermaterial um einen faserhaltigen Textilstoff, insbesondere um ein Gewebe und/oder Gestrick und/oder Gewirk und/oder Vliesstoff und/oder Filz. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Trägermaterial um ein Vliesstoff, insbesondere um ein Spinnfaservlies (Spunbond). In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Elektretfilters ist das Trägermaterial ein Spunbond/Polypropylen-Meltblown-Material.

[0017] Erfindungsgemäß kann als Faserrohstoff für das Spinnfaservlies (Spunbond) ein Polymer, insbesondere ein Polyester, vorzugsweise Polyethylenterephthalat (PET), oder ein Polyolefin, vorgesehen

sein.

[0018] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Trägermaterial ein Polyester Spunbond, insbesondere ein PET Spunbond (Sp₁) oder ein PET Spunbond mit einseitiger Alubedampfung (Sp₂) oder ein PET Spunbond mit Polypropylenfeinstfaser Meltblownlayer (SpM₁). Bevorzugte Kombinationen von Trägermaterial und elektretfähiger Substanz stellen die Paarungen Sp₁, A₁ oder Sp₂A₁ oder SpM₁A₁ dar.

[0019] In einer anderen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Elektretfilters ist das Trägermaterial eine Nadelfilzkonstruktion, wobei der Faserrohstoff ein Polymer, insbesondere Polyethylenterephthalat, Polyphenylsulfid, Polyamid, Polypropylen, Polyethylen, Polyimid oder Polytetrafluorethylen, sein kann.

[0020] Es ist auch denkbar, dass das Trägermaterial ein poröses Material aus einem Metall und/oder Polymer, insbesondere eine Membran, ist.

[0021] Die vorliegende Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Herstellung eines Elektretfilters durch Aufbringung mindestens einer elektretfähigen thermoplastischen Substanz auf ein Trägermaterial und anschließende Aktivierung, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Aufbringung der elektretfähigen Substanz, vorzugsweise in trockenem Zustand,
- eine Verbindung der elektretfähigen Substanz mit dem Trägermaterial, vorzugsweise durch Aufschmelzen der elektretfähigen Substanz auf das Trägermaterial,
- die Aktivierung durch Ladungseintrag mittels einer Coronabehandlung bei erhöhter Temperatur in die plastische elektretfähige Substanz und
- eine Immobilisierung der Ladung durch und bei der Abkühlung und Verfestigung der aktivierten elektretfähigen Substanz vorgenommen werden.

[0022] Zur Entfernung von herstellungsbedingt eingeschleppten Substanzen bzw. Präparationen kann es vorteilhaft sein, das Trägermaterial vor der Aufbringung der elektretfähigen Substanz und Aktivierung einer Vorbehandlung, insbesondere einem Waschvorgang, vorzugsweise einer Methanolextraktion, zu unterziehen.

[0023] Insbesondere kann beim erfindungsgemäßen Verfahren die elektretfähige Substanz in fester Form auf das Trägermaterial aufgebracht werden. Mit Vorteil wird die elektretfähigen Substanz als Pulver, insbesondere mit einem Partikeldurchmesser < 500 µm, insbesondere mit einem Partikeldurchmesser von 1 bis 10 µm, aufgebracht. Vorzugsweise wird die elektretfähige Substanz mit einem Partikeldurchmesser von 2 bis 7 µm, insbesondere mit einem Partikel-

durchmesser von ca. 5 μm , aufgebracht. Die Aufbringung selbst kann mittels einer Pulverstreuungrichtung erfolgen.

[0024] Darüber hinaus kann die elektretfähige Substanz in Form von Partikeln, insbesondere in Form von Kügelchen mit einem Durchmesser von 1 bis 10 mm, besonders von 2 bis 8 mm, vorzugsweise von 3 bis 4 mm, aufgebracht werden.

[0025] In einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Aufbringung der elektretfähigen Substanz in flüssiger, lösungsmittelfreier Form, insbesondere in geschmolzener Form. Der Verzicht auf ein Lösungsmittel bietet den Vorteil einer einfachen Handhabung und der Eliminierung von eventuell nachteiligen Effekten durch Lösungsmittelleinsatz. In besonders vorteilhafter Weise erfolgt die Aufbringung der elektretfähigen Substanz durch eine Hotmelt Applikation.

[0026] In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die elektretfähige Substanz auf ein vorgefertigtes Filtermaterial, insbesondere auf einen fertigen Filter, vorzugsweise auf einen fertigen Oberflächen- oder Tiefenfilter, aufgebracht. Es ist aber auch denkbar, dass die elektretfähige Substanz auf einzelne als Träger dienende Fasern oder Fäden, die anschließend, insbesondere zu einem Filter, weiterverarbeitet werden, aufgebracht wird.

[0027] Die elektretfähige Substanz kann in einer Auflage von 5 bis 2000 g/m^2 auf das Trägermaterial aufgebracht werden. Bevorzugt wird sie in einer Auflage von 10 bis 50 g/m^2 , insbesondere in einer Auflage von 15 bis 30 g/m^2 auf das Trägermaterial aufgebracht.

[0028] Nach der Aufbringung auf das Trägermaterial, insbesondere bei trockener Aufbringung, wird die elektretfähige Substanz vorzugsweise einer Infrarotbestrahlung ausgesetzt, um ein erstes Haften der elektretfähigen Substanz auf dem Trägermaterial zu bewirken. Das Verbinden der elektretfähigen Substanz mit dem Trägermaterial durch Erwärmen der elektretfähigen Substanz auf ihre Schmelztemperatur kann in einem Trockner erfolgen.

[0029] Die Aktivierung der elektretfähigen Substanz erfolgt erfindungsgemäß durch einen Ladungseintrag in die plastische elektretfähige Substanz. Die Ladungsinjektion kann durch mindestens eine Coronaabehandlung erzielt werden. Diese erfolgt vorteilhafterweise in Form einer Coronaaktivierungseinheit, die aus einer Plattengegenelektrode aus einem Metall, vorzugsweise aus Kupfer, und aus einer Einzelspitzenelektrode bestehen kann. Die Plattengegenelektrode dient als Auflagefläche für das Filtermaterial und ist vorzugsweise gerundet. Über der Platte befinden

sich in einem einstellbaren Abstand die Einzelspitzenelektrode, die mit einem Hochspannungsgenerator verbunden ist, der vorzugsweise eine Spannung von ± 20 kV erzeugt. Der Abstand der Spitzenelektrode zum Trägermaterial beträgt vorzugsweise ca. 50 mm. Zwischen den beiden Elektroden wird ein stark inhomogenes elektrisches Feld aufgebaut, in welchem Ladungsträger hauptsächlich durch Stoßionisation erzeugt werden. Die erzeugten Ladungsträger bewegen sich auf den Feldlinien und werden durch die Niederschlagselektrode bzw. durch den aufliegenden Filter aufgenommen. Der Filter wird elektrostatisch aufgeladen. Aufgrund des anliegenden Feldes sind grundsätzlich auch Polarisationserscheinungen in der behandelten elektretfähigen Substanz möglich. Die Coronabehandlung wird vorzugsweise während 2–5 Sekunden, insbesondere während 5 Sekunden durchgeführt.

[0030] Es kann vorteilhaft sein, eine Coronabehandlung bei erhöhter Temperatur durchzuführen, da sich der Ladungseintrag und die Ladungsstabilität im allgemeinen bei einer Behandlung unter erhöhter Temperatur verbessern. Die erhöhte Temperatur wird maximal so ausgewählt, daß das Elektretmaterial geschmolzen ist aber das Trägermaterial noch ausreichend stabil ist. In der Regel wird die Temperatur so ausgewählt, dass sie zwischen 130°C und 135°C liegt. Weiterhin kann es vorteilhaft sein, zwei warme Coronabehandlungen bei absteigenden Temperaturen, insbesondere bei einer Temperatur von ca. 130°C und bei einer Temperatur von ca. 40 bis 50°C, vorzunehmen. Der Filter kann einer positiven und/oder negativen Coronabehandlung ausgesetzt werden, um die Filtrationseigenschaften zu erhöhen, je nach dem ob nur eine oder beide Seiten des Filters behandelt werden.

[0031] Erfindungsgemäß wird die Immobilisierung der eingetragenen Ladung durch Abkühlung und Verfestigung der elektretfähigen Substanz vorgenommen, d.h. der Phasenübergang flüssig-fest wird ausgenutzt, um den erreichten Ladungseintrag zu konservieren. Durch das Einprägen der Ladung im schmelzflüssigen Zustand der elektretfähigen Substanz kann die erhöhte thermische Stabilität der eingebrachten Ladung bei der vorliegenden Erfindung erklärt werden. Durch Abkühlen wird die erhöhte Ladungsdichte eingefroren und dadurch immobilisiert. Die erhöhte thermische Ladungsstabilität kann ferner besonders vorteilhaft für eine Weiterverarbeitung des Elektretfilters, insbesondere für eine Konfektionierung, vorzugsweise für eine Plissierung, sein.

[0032] Weiterhin wird durch die Art des Ladungseintrags und das Einfrieren bei dem erfindungsgemäßen Verfahrens eine hohe Langzeitstabilität der Ladung, insbesondere eine Ladungsquasipermanenz von mindestens einem Jahr erreicht.

[0033] In einer besonders bevorzugten Weiterbildung wird das erfindungsgemäße Verfahren kontinuierlich durchgeführt, wobei die elektretfähige Substanz als feines Pulver, vorzugsweise mit einem Partikeldurchmesser von ca. 5 µm, mittels einer Pulverstreueinrichtung auf eine Filterwarenbahn gestreut werden kann, während diese kontinuierlich durch die Beschichtungslinie befördert wird. Unmittelbar nach dem Streuer kann ein Infrarotfeld geschaltet sein, um ein erstes Haften des Pulvers auf der Warenbahn zu ermöglichen. Die Warenbahn durchläuft weiterhin eine Heizeinrichtung, insbesondere einen Trockner, die die Warenbahn auf die Schmelztemperatur des Pulvers erwärmt. Die Abkühlung der Warenbahn beginnt mit Auslauf aus dem Trockner. Vorzugsweise unmittelbar am Auslauf der Heizeinrichtung ist eine Corona-Aktivierungseinheit geschaltet, die insbesondere aus zwei, die Warenbahn überspannenden Elektroden und einer Plattengegenelektrode, vorzugsweise in einem Abstand von 50 mm, besteht, mit welcher das Filtermaterial elektrostatisch aufgeladen wird. In einem bestimmten Abstand, vorzugsweise in einem Abstand von ca. 150 cm, befindet sich eine zweite Corona-Aktivierungseinheit. Beide Einheiten werden von einem geerdeten Gitter überspannt, um eine Aufladung der Raumluft zu verhindern. Die Kontrolle des Aufladungsprozesses kann mittels eines über der Warenbahn angebrachten Feldmeters erfolgen. Die Warenbahntemperatur kann durch eine vorzugsweise berührungslose Oberflächentemperaturmessung am Ende der Aufladungsstrecke kontrolliert werden. Die Auftragsmenge an Elektretmaterial pro Flächeneinheit kann eingestellt werden. Warenbahngeschwindigkeit, Streuwalze und Nadelband der Pulverstreueinrichtung können so aufeinander abgestimmt werden, dass bei einer Warenbahngeschwindigkeit von 3 m/min beispielsweise ein Auftrag von 15 g/m² der elektretfähigen Substanz A₁ erfolgt.

[0034] Um einen äußeren Ladungsabbau durch Anlagerung von Ionen und Staubpartikeln aus der Umgebungsluft zu verhindern, kann der fertige Elektretfilter vorzugsweise in geeigneten Verpackungen verpackt, insbesondere eingeschweißt, sein. Weiterhin kann es vorteilhaft sein, den fertig konfektionierten Filter einem „Refreshing“ zu unterwerfen, wobei der Filter, wie bei der Coronaaufladungseinheit mit Stabspitzenelektrode, unter einer Elektrode kontinuierlich hindurchbewegt und nochmals aufgeladen wird. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass sie ohne größeren Aufwand in einen Produktionsprozess integriert werden kann, insbesondere vor dem Verpacken.

[0035] Die Abreinigung des Elektretfilters, insbesondere in Form eines Oberflächenfilters, wird vorzugsweise mittels Druckluftstoß durchgeführt, wobei der aufgebaute Filterkuchen entfernt wird. Auf diese Weise kann eine Reaktivierung des Elektreffecktes vorgenommen und eine fortgesetzte Benutzung des

Elektretfilters ermöglicht werden. Durch die Rückstoßreinigung kann bei dem erfindungsgemäßen Elektretfilter auch nach 20 Zyklen noch ein hohes Abscheideniveau erzielt werden, das mit dem Originalzustand vergleichbar ist.

[0036] Ferner umfasst die Erfindung die Verwendung des erfindungsgemäßen Elektretfilters aus einem Trägermaterial und einer Elektretsubstanz zur Verbesserung der Abscheideeffizienz von partikulärem Material, zumindest in der Anfangsfiltrationsphase, insbesondere im „Most Penetrating Particle Size“-Bereich („MPPS“-Bereich). Mit Vorteil ist der Elektretfilter für die verbesserte Abscheidung von partikulärem Material mit einem Durchmesser < 1 µm, vorzugsweise mit einem Durchmesser zwischen 0.05 und 0.5 µm, vorgesehen.

[0037] Weitere Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen in Form von Beispielen. Dabei können die einzelnen Merkmale jeweils für sich alleine oder zu mehreren in Kombination miteinander verwirklicht sein. Die Beispiele dienen lediglich der Erläuterung der vorliegenden Erfindung, die in keiner Weise darauf beschränkt sein soll.

Ausführungsbeispiel

[0038] In den Figuren ist das folgende dargestellt:

[0039] [Fig. 1](#) zeigt graphisch die Trenngradkurven des ausgerüsteten und mittels positiver bzw. negativer Coronabehandlung (± 20 kV) aktivierten Filters, des Originalfilters und des ausgerüsteten aber nicht aktivierten Filters unter Verwendung von Sp₁ als Trägermaterial nach 5 min,

Legende:

O (original),
 C (ausgerüstet),
 CCa (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV),
 CCb (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV),

[0040] [Fig. 2](#) zeigt graphisch die Trenngradkurven des ausgerüsteten und mittels positiver bzw. negativer Coronabehandlung (± 20 kV) aktivierten Filters, des Originalfilters und des ausgerüsteten aber nicht aktivierten Filters unter Verwendung von Sp₁ als Trägermaterial nach 60 min,

Legende:

O (original),
 C (ausgerüstet),
 CCa (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV),
 CCb (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV),

[0041] [Fig. 3](#) zeigt graphisch die Trenngradkurven des ausgerüsteten und mittels positiver bzw. negativer Coronabehandlung (± 20 kV) aktivierten Filters, des Originalfilters und des ausgerüsteten, aber nicht aktivierten Filters unter Verwendung von Sp_2 als Trägermaterial nach 5 min,

Legende:

O (original),
C (ausgerüstet),
CCa (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV),
CCb (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV),

[0042] [Fig. 4](#) zeigt graphisch die Trenngradkurven des ausgerüsteten und mittels positiver bzw. negativer Coronabehandlung (± 20 kV) aktivierten Filters, des Originalfilters und des ausgerüsteten, aber nicht aktivierten Filters unter Verwendung von Sp_2 als Trägermaterial nach 60 min,

Legende:

O (original),
C (ausgerüstet),
CCa (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV),
CCb (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV),

[0043] [Fig. 5](#) zeigt graphisch die Trenngradkurven des ausgerüsteten und mittels positiver bzw. negativer Coronabehandlung (± 20 kV) aktivierten Filters und des Originalfilters nach unterschiedlichen Filtrationszeiten (5 bzw. 60 min) unter Verwendung von SpM_1 als Trägermaterial (Anströmseite Spunbond),

Legende:

O-1 (original, Filtrationseffizienz nach 5 min),
O-2 (original, Filtrationseffizienz nach 60 min),
CCa-1 (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV, Filtrationseffizienz nach 5 min),
CCa-2 (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV, Filtrationseffizienz nach 60 min),
CCb-1 (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV, Filtrationseffizienz nach 5 min),
CCb-2 (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV, Filtrationseffizienz nach 60 min),

[0044] [Fig. 6](#) zeigt graphisch die Filtrationsqualität q des ausgerüsteten und mittels positiver bzw. negativer Coronabehandlung (± 20 kV) aktivierten Filters und des Originalfilters nach unterschiedlichen Filtrationszeiten (5 bzw. 60 min) unter Verwendung von SpM_1 als Trägermaterial (Anströmseite Meltblown),

$$q = \frac{-\ln(P)}{\Delta p}$$

P ist der Durchlassgrad und Δp der Druckverlust

Legende:

O-1 (original, Filtrationsqualität nach 5 min),
O-2 (original, Filtrationsqualität nach 60 min),
CCa-1 (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV, Filtrationsqualität nach 5 min),
CCa-2 (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV, Filtrationsqualität nach 60 min),
CCb-1 (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV, Filtrationsqualität nach 5 min),
CCb-2 (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV, Filtrationsqualität nach 60 min),

[0045] [Fig. 7](#) zeigt graphisch den zeitlichen Verlauf des Oberflächenpotentialabbaus des ausgerüsteten und mittels negativer Coronabehandlung (-20 kV) aktivierten Filters und des Originalfilters unter Verwendung von Sp_1 und Sp_2 als Trägermaterial.

Legende:

O-1 (original, Sp_1),
O-2 (original, Sp_2),
CC-1a (ausgerüstet 15 gm^{-2} und corona-aktiviert),
CC-1b (ausgerüstet 25 gm^{-2} und corona-aktiviert),
CC-1c (ausgerüstet 50 gm^{-2} und corona-aktiviert),
CC-2a (ausgerüstet 15 gm^{-2} und corona-aktiviert),
sCC-2b (ausgerüstet 25 gm^{-2} und corona-aktiviert),
CC-2c (ausgerüstet 50 gm^{-2} und corona-aktiviert).

[0046] Für die Filtrationsuntersuchungen wurden die Trägermaterialien Sp_1 , Sp_2 und SpM_1 mit der elektretfähigen Substanz Polyethylen-Hartparaffin (A_1) in einer Auflage von 15g/m² ausgerüstet und einer Coronabehandlung mit den folgenden Parametern unterworfen:

- Warenbahngeschwindigkeit: 3mmin⁻¹
- Temperaturbereich: 22°C–135°C
- Anzahl Coronaaktivierungseinheiten: 2
- Generatoreinstellung: -20 kV
- Abstand Elektrodenspitzen-Warenbahn: 50 mm
- Temperatur: 22°C
- Relative Feuchte: 55%

[0047] Nach einer 24-stündigen Lagerung erfolgte die Filterprüfung mit einer Anströmgeschwindigkeit von 0.05m/s und einer Staubdosierung von 25 mg/m³ des Teststaubes Sikron SF 600. Es wurden unbehandelte Originalfilter, mit Elektretmaterial behandelte aber nicht aktivierte und mit positiver bzw. negativer Ladung erfindungsgemäß aktivierte Filtermaterialien in Vergleichsversuchen getestet. In den [Fig. 1](#) bis [Fig. 6](#) wird der interessierende Partikelbereich von 0.2 μm bis 1 μm betrachtet. Die nicht aktivierten Trä-

germaterialien weisen im Bereich der unteren messbaren Partikelgröße (ca. 0.3 μm) ein Minimum in der Trenngradkurve auf. Durch Ausrüstung der Filter mit der Substanz A_1 und anschließender Coronabehandlung konnten deutliche Verbesserungen in diesem Bereich erzielt und die Trenngrade in der Anfangsfiltrationsphase (nach 5 min) auf ein sehr hohes Niveau angehoben werden (Fig. 1 und Fig. 3). Sp_1 und Sp_2 weisen selbst nach 60 Minuten Filtration noch eine deutliche Verbesserung der Trenngrade auf (Fig. 2 und Fig. 4), etwas geringfügig fällt die Verbesserung in der Abscheideeffizienz bei SpM_1 nach 60 Minuten Filtration aus (Fig. 5). Wie aus den Abbildungen aber ersichtlich, liegen die Trenngradkurven der behandelten und aktivierten Proben immer noch höher als die der Originalfilter. Mit größer werdendem Partikeldurchmesser kommen alle Trenngradkurven zur Deckung. Die grundsätzliche Verbesserung im Abscheideverhalten wird auch im wesentlichen durch die Verwendung eines Qualitätsfaktors, der den Durchlassgrad über den Druckverlust normiert, bestätigt (Fig. 6). Der Einfluss der elektretfähigen Substanz A_1 auf den Verlauf des Oberflächenpotentials ist aus Fig. 7 deutlich zu erkennen. Die ausgerüsteten und aktivierten Filter zeigen im Vergleich zu den Originalfiltern deutlich erhöhte Anfangswerte des Oberflächenpotentials und deutlich verzögerte Abbaukurven. Diese Wirkung kann durch eine höhere Auftragsmenge von A_1 auf das Trägermaterial (Sp_1 bzw. Sp_2) noch verstärkt werden.

Patentansprüche

1. Elektretfilter aus einem Trägermaterial mit Filtereigenschaften und mindestens einer elektretfähigen Substanz, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektretfähige Substanz mindestens ein schmelzbares Polymer ist, das mit dem Träger fest verbunden ist, und eine immobilisierte Ladung trägt.
2. Elektretfilter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die immobilisierte Ladung der elektretfähigen Substanz in Abhängigkeit vom Schmelzbereich des Elektretmaterials bis mindestens 70°C, insbesondere bis mindestens 100°C, vorzugsweise bis 120°C, stabil ist.
3. Elektretfilter nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz ein Polyolefin, insbesondere ein Polyethylen und/oder Polypropylen, ist.
4. Elektretfilter nach Anspruch 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz eine Molmasse von 1500–2000 g/mol, insbesondere 1600 g/mol.
5. Elektretfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz einen Tropfpunkt von 110 bis 135°C, insbesondere 125 bis 138°C, aufweist.
6. Elektretfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz vorzugsweise kristallin ist, insbesondere ein niedermolekulares, hochkristallines Niederdruck-Polyolefin mit Wachscharakter ist.
7. Elektretfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz ein Polyethylen-Hartparaffin (A_1) ist.
8. Elektretfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägermaterial ein Filter und/oder ein Material mit Filtereigenschaften, insbesondere ein Oberflächen- oder Tiefenfilter, ist.
9. Elektretfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägermaterial ein faserhaltiger Textilstoff, insbesondere ein Gewebe und/oder Gestrick und/oder Gewirk und/oder Vliesstoff und/oder Filz, vorzugsweise ein Spinnfaservlies (Spunbond), ist.
10. Elektretfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägermaterial ein Spunbond/Polypropylen-Meltblown-Material, ist.
11. Elektretfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägermaterial ein Polyester Spunbond, insbesondere ein PET Spunbond (Sp_1) oder ein PET Spunbond mit einseitiger Alubedampfung (Sp_2) oder ein PET Spunbond mit Polypropylen Feinstfaser-Meltblownlayer (SpM_1) ist.
12. Elektretfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die bevorzugte Kombination von Trägermaterial und elektretfähiger Substanz Sp_1A_1 oder Sp_2A_1 oder SpM_1A_1 ist.
13. Elektretfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägermaterial eine Nadelfilzkonstruktion ist, die vorzugsweise auf der dem Elektretmaterial abgewandten Seite eine Feinstfaserschicht trägt.
14. Elektretfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägermaterial ein poröses Material aus einem Metall und/oder Polymer, insbesondere eine Membran, ist.
15. Verfahren zur Herstellung eines Elektretfilters durch Aufbringung mindestens einer elektretfähigen thermoplastischen Substanz auf ein Trägermaterial und anschließende Aktivierung, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, dass

- die Aufbringung der elektretfähigen Substanz, vorzugsweise in trockenem Zustand,
- eine Verbindung der elektretfähigen Substanz mit dem Trägermaterial, vorzugsweise durch Aufschmelzen der elektretfähigen Substanz auf das Trägermaterial,
- die Aktivierung durch Ladungseintrag mittels einer Coronabehandlung bei erhöhter Temperatur in die plastische elektretfähige Substanz und
- eine Immobilisierung der Ladung durch Abkühlung und Verfestigung der aktivierten elektretfähigen Substanz vorgenommen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägermaterial vor der Aufbringung der elektretfähigen Substanz und Aktivierung vorbehandelt wird, insbesondere einem Waschvorgang, vorzugsweise einer Methanolextraktion, unterworfen wird.

17. Verfahren nach Anspruch 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz in fester Form aufgebracht wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz als Pulver, insbesondere mit einem Partikeldurchmesser $< 500 \mu\text{m}$, insbesondere mit einem Partikeldurchmesser von 1 bis $10 \mu\text{m}$ (B: besonders mit einem Partikeldurchmesser von 2 bis $7 \mu\text{m}$, vorzugsweise von ca. $5 \mu\text{m}$), aufgebracht wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz in Form von Partikeln, insbesondere in Form von Kügelchen mit einem Durchmesser von 1 bis 10 mm, besonders von 2 bis 8 mm, vorzugsweise von 3 bis 4 mm, aufgebracht wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz in flüssiger, lösungsmittelfreier Form, insbesondere in geschmolzener Form, aufgebracht wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz durch eine Hot Melt Applikation aufgebracht wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz auf ein vorgefertigtes Filtermaterial, insbesondere auf einen fertigen Filter, vorzugsweise auf einen fertigen Oberflächen- oder Tiefenfilter, aufgebracht wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige

Substanz auf einzelne Fasern oder Fäden, die anschließend zu einem Träger, insbesondere einem Filter, weiterverarbeitet werden, aufgebracht wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz in einer Auflage von 5 bis 2000 gm^{-2} , insbesondere in einer Auflage von 10 bis 50 gm^{-2} , vorzugsweise in einer Auflage von 15 bis 30 gm^{-2} , aufgebracht wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die elektretfähige Substanz durch Infrarotbestrahlung auf dem Trägermaterial vorfixiert wird.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Ladungseintrag durch mindestens eine Coronabehandlung, insbesondere durch eine Coronabehandlung bei erhöhter Temperatur, vorzugsweise durch zwei Coronabehandlungen bei absteigenden Temperaturen, vorgenommen wird.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren kontinuierlich durchgeführt wird.

28. Verwendung eines Elektretfilters aus einem Trägermaterial und einer Elektretsubstanz zur Verbesserung der Abscheideeffizienz von partikulärem Material, zumindest in der Anfangsfiltrationsphase, insbesondere im „Most Penetrating Particle Size“-Bereich („MPPS“-Bereich).

29. Verwendung eines Elektretfilters nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbesserung der Abscheideeffizienz partikuläres Material mit einem Durchmesser $< 1 \mu\text{m}$, insbesondere mit einem Durchmesser zwischen 0.05 und $0.5 \mu\text{m}$, betrifft.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

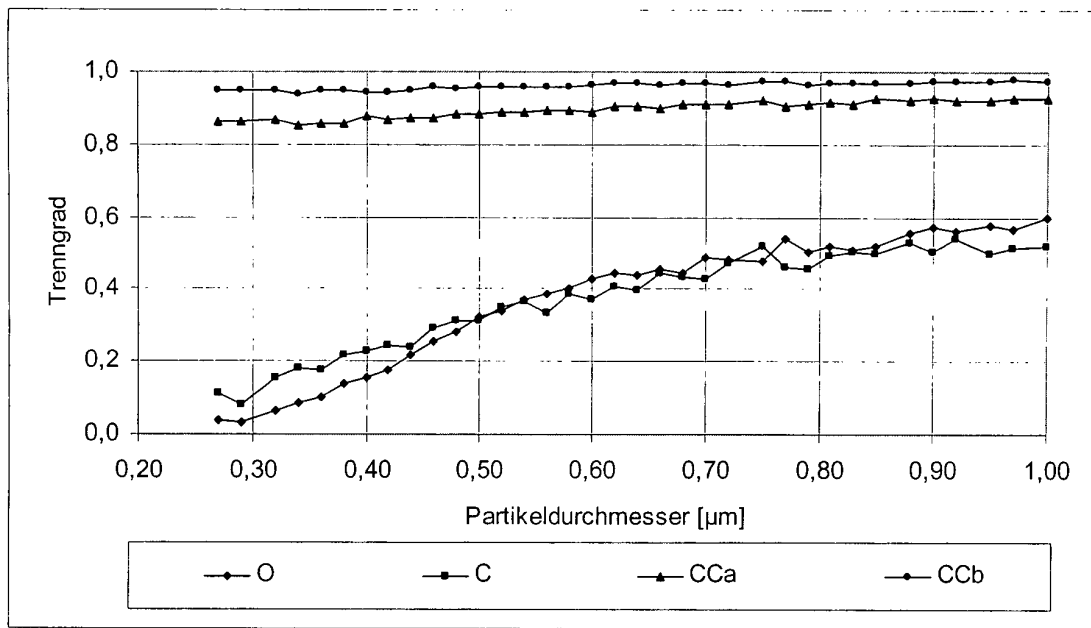


Fig. 1

Legende:

O (original)

C (ausgerüstet)

CCa (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV)

CCb (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV)

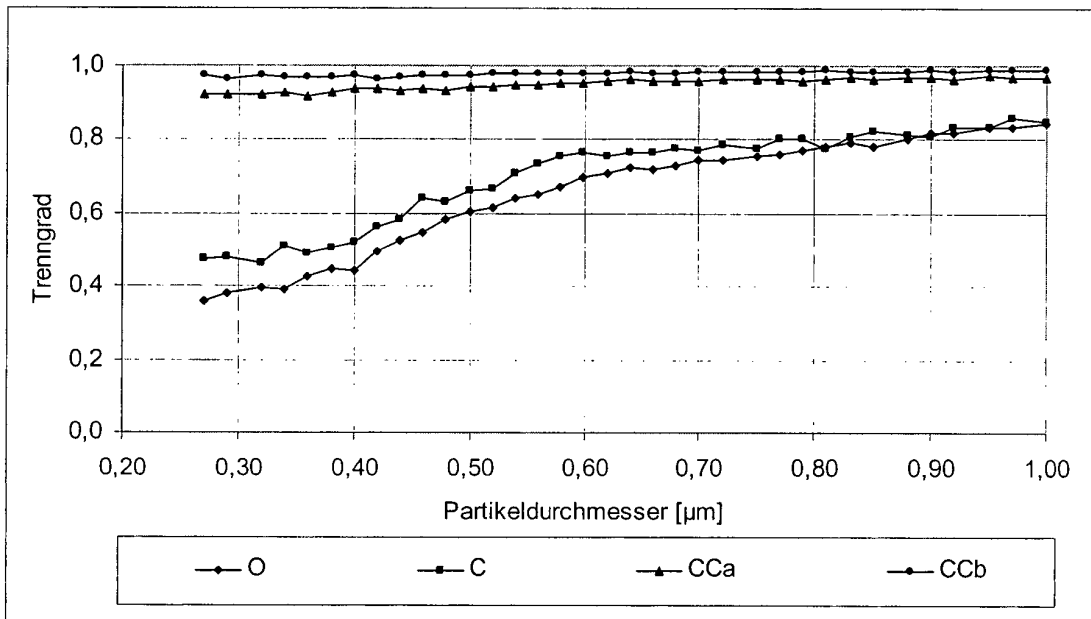


Fig. 2

Legende:

- O (original)
- C (ausgerüstet)
- CCa (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV)
- CCb (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV)

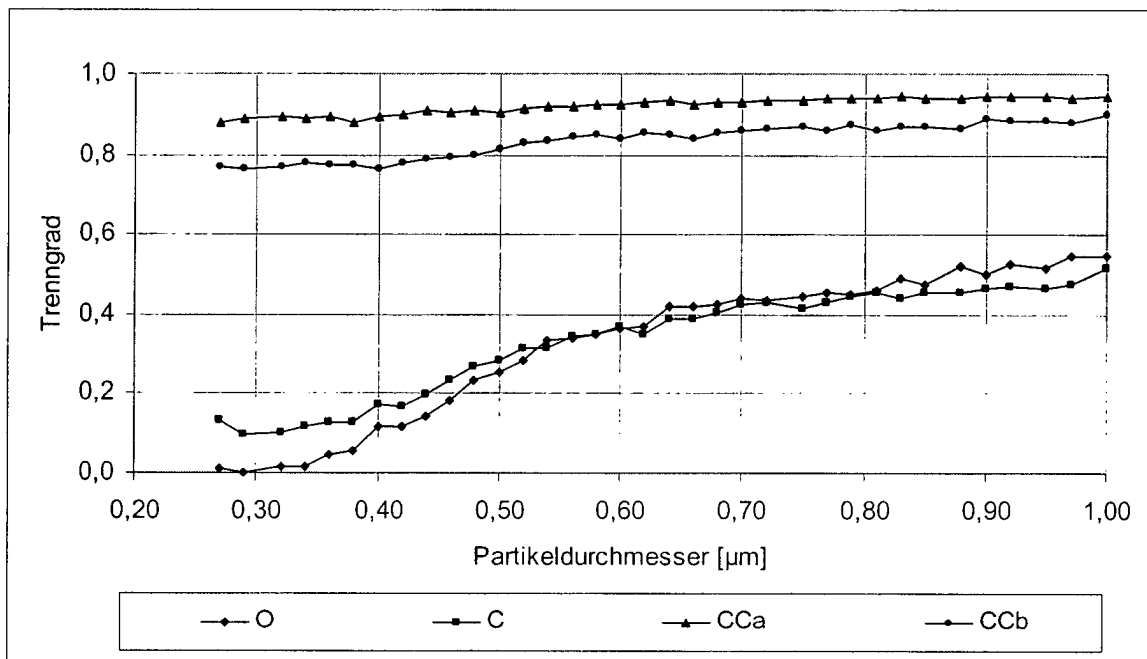


Fig. 3

Legende:

- O (original)
- C (ausgerüstet)
- CCa (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV)
- CCb (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV)

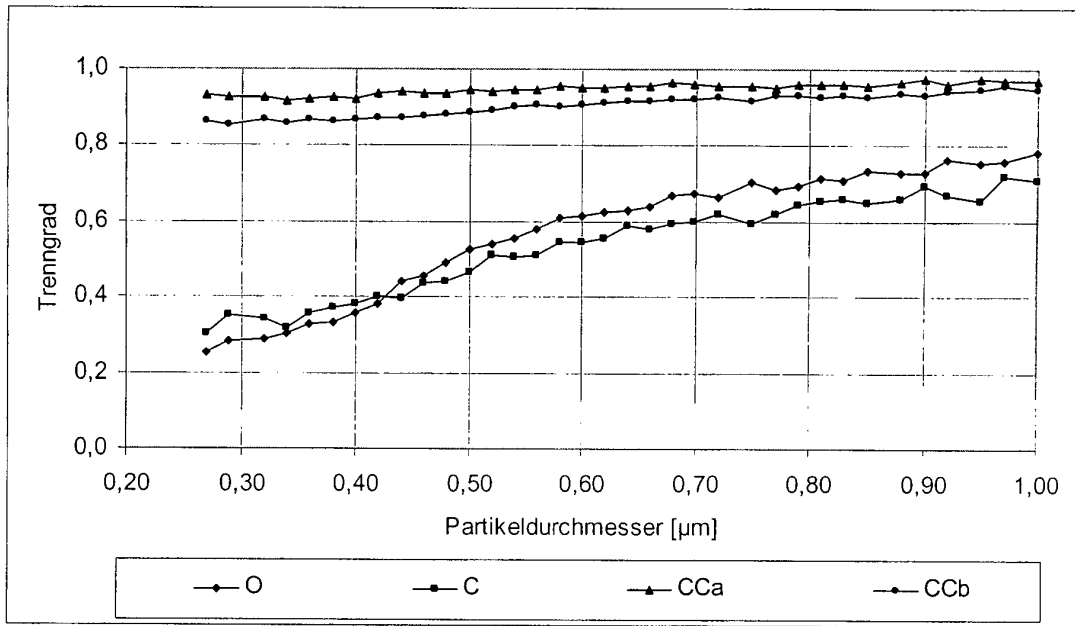


Fig. 4

Legende:

- O (original)
- C (ausgerüstet)
- CCa (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV)
- CCb (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV)

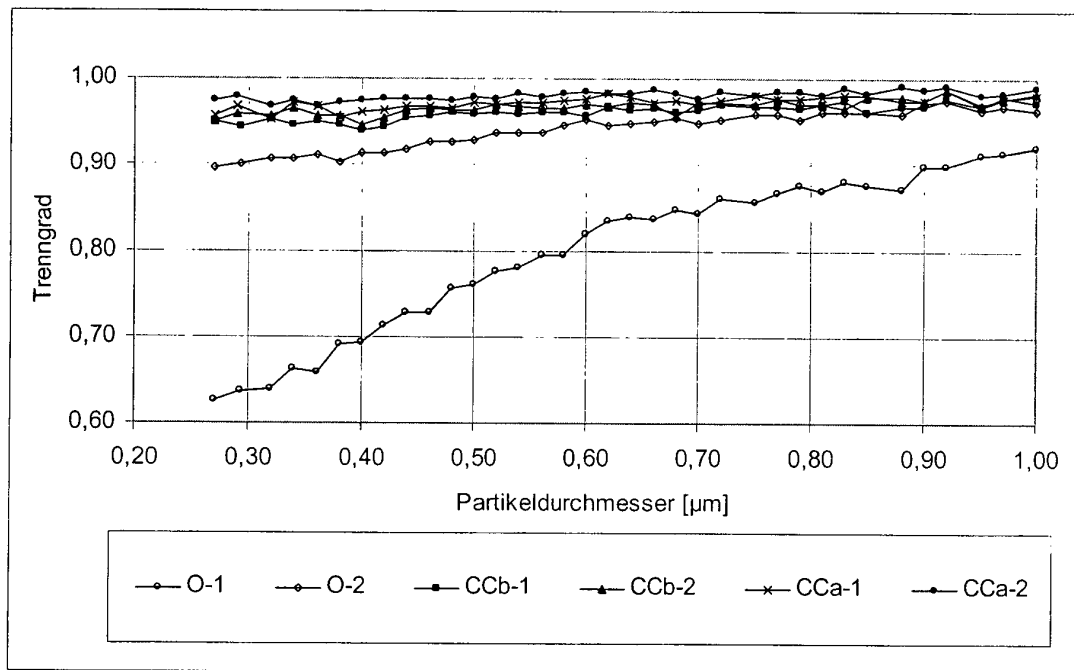


Fig. 5

Legende:

- O-1 (original, Filtrationseffizienz nach 5 min)
- O-2 (original, Filtrationseffizienz nach 60 min)
- CCa-1 (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV, Filtrationseffizienz nach 5 min)
- CCa-2 (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV, Filtrationseffizienz nach 60 min)
- CCb-1 (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV, Filtrationseffizienz nach 5 min)
- CCb-2 (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV, Filtrationseffizienz nach 60 min)

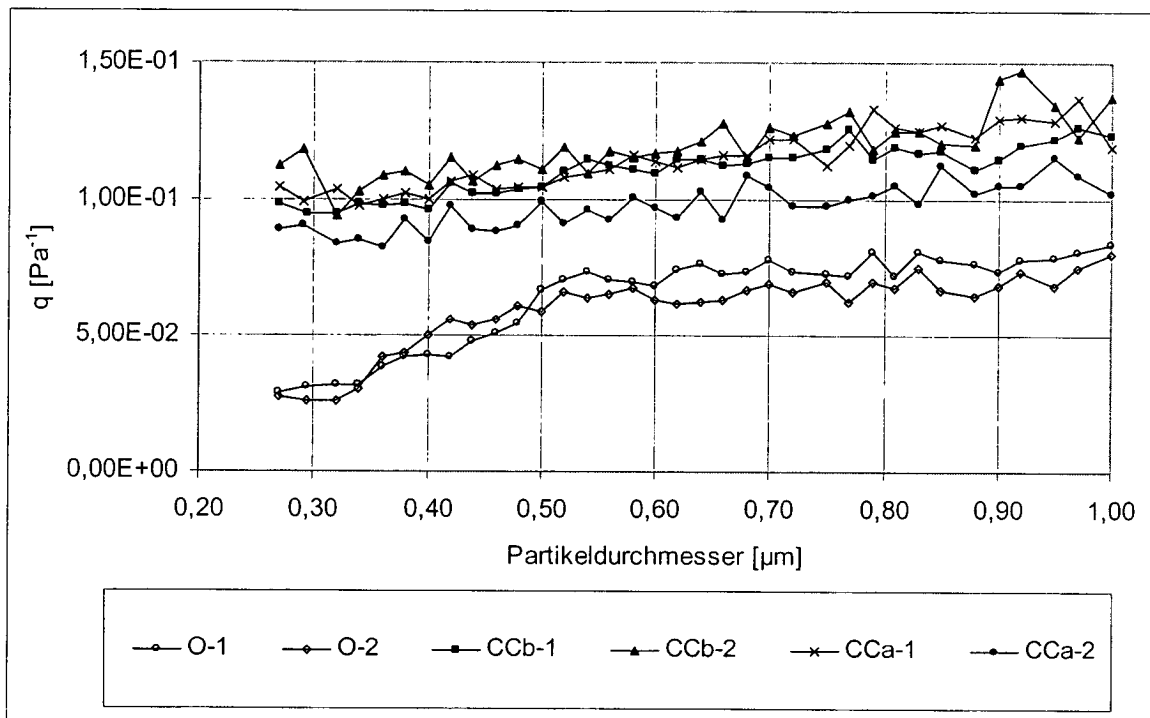


Fig. 6

Filtrationsqualität q :

$$q = \frac{-\ln(P)}{\Delta p}$$

P ist der Durchlassgrad und Δp der Druckverlust

Legende:

- O-1 (original, Filtrationsqualität nach 5 min)
- O-2 (original, Filtrationsqualität nach 60 min)
- CCa-1 (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV, Filtrationsqualität nach 5 min)
- CCa-2 (ausgerüstet und corona-aktiviert, +20 kV, Filtrationsqualität nach 60 min)
- CCb-1 (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV, Filtrationsqualität nach 5 min)
- CCb-2 (ausgerüstet und corona-aktiviert, -20 kV, Filtrationsqualität nach 60 min)

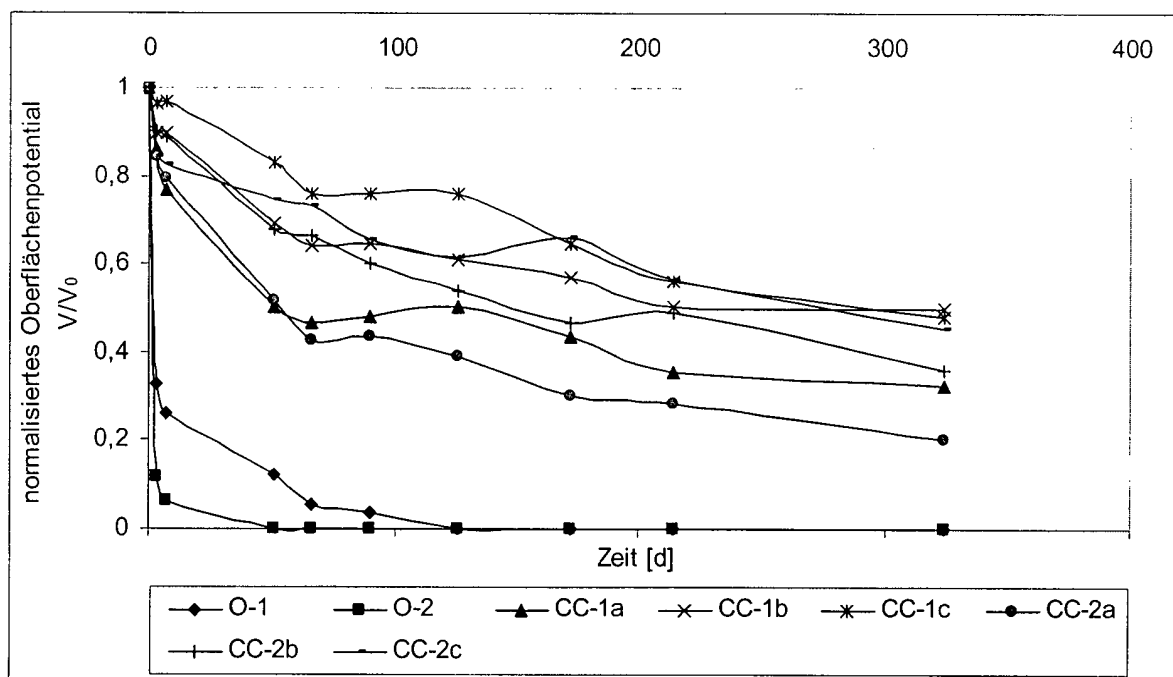


Fig. 7

Legende:

- O-1 (original, Sp₁)
- O-2 (original, Sp₂)
- CC-1a (ausgerüstet 15 gm⁻² und corona-aktiviert)
- CC-1b (ausgerüstet 25 gm⁻² und corona-aktiviert)
- CC-1c (ausgerüstet 50 gm⁻² und corona-aktiviert)

CC-2a (ausgerüstet 15 gm^{-2} und corona-aktiviert)

CC-2b (ausgerüstet 25 gm^{-2} und corona-aktiviert)

CC-2c (ausgerüstet 50 gm^{-2} und corona-aktiviert)