

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. September 2008 (18.09.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2008/110233 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

**B01J 20/20** (2006.01) **C01B 31/08** (2006.01)  
**B01J 20/28** (2006.01) **C01B 31/10** (2006.01)  
**B01J 20/30** (2006.01)

Jean-Michael [DE/DE]; An der Herrenlanke 35, 14712  
Rathenow (DE).

(74) **Anwalt: Gesthuysen, von Rohr & Eggert**; Huysenallee  
100, 45128 Essen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/000606

(81) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:  
25. Januar 2008 (25.01.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2007 012 963.9 14. März 2007 (14.03.2007) DE  
10 2007 050 971.7  
25. Oktober 2007 (25.10.2007) DE

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(71) **Anmelder** (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **BLÜCHER GmbH** [DE/DE]; Mettmanner Strasse  
25, 40699 Erkrath (DE).

**Veröffentlicht:**  
— *mit internationalem Recherchenbericht*

(72) **Erfinder; und**  
(75) **Erfinder/Anmelder** (*nur für US*): **BÖHRINGER, Bertram** [DE/DE]; Bussardweg 33, 42115 Wuppertal (DE). **FICHTNER, Sven** [DE/DE]; Alte Potsdamer Strasse 35, 14776 Brandenburg (DE). **GIEBELHAUSEN,**

(54) **Title:** HIGH-PERFORMANCE ADSORBENTS BASED ON ACTIVATED CARBON HAVING HIGH MESO- AND MACROPOROSITY

(54) **Bezeichnung:** HOCHLEISTUNGSADSORBENTIEN AUF DER BASIS VON AKTIVKOHLE MIT HOHER MESO- UND MAKROPOROSITÄT

(57) **Abstract:** The invention relates to high-performance adsorbents present in the form of discrete active carbon grains, preferably spherical in shape, based on activated carbon having high meso- and macroporosity, wherein at least 55% of the total pore volume of the high-performance adsorbents comprises pores having a pore diameter greater than 20 Å (i.e., meso- and macropores), the high-performance adsorbents have a mean pore diameter greater than 25 Å, and the high-performance adsorbents have a BET surface area of at least 1,250 m/g. Said high-performance adsorbents may be produced in a novel production method using special dual-stage activation and, in addition to the properties mentioned above, have an excellent friction and bursting resistance, making said adsorbents suitable for a variety of different applications.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft in Form von diskreten Aktivkohlekörnern, vorzugsweise in Kugelform, vorliegende Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle mit hoher Meso- und Makroporosität, wobei • mindestens 55 % des Gesamtporenvolumens der Hochleistungsadsorbentien durch Porendurchmesser von mehr als 20 Å aufweisende Poren (d. h. also Meso- und Makroporen) gebildet sind, • die Hochleistungsadsorbentien einen mittleren Porendurchmesser von mehr als 25 Å aufweisen und • die Hochleistungsadsorbentien eine BET-Oberfläche von mindestens 1.250 m/g aufweisen. Diese Hochleistungsadsorbentien lassen sich durch ein neuartiges Herstellungsverfahren mit spezieller zweistufiger Aktivierung herstellen und weisen neben den vorgenannten Eigenschaften eine ausgezeichnete Abrieb- und Berstfestigkeit auf, so daß sie sich für eine Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungen eignen.

WO 2008/110233 A1

## **Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle mit hoher Meso- und Makroporosität**

Die vorliegende Erfindung betrifft das technische Gebiet der Adsorption. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle mit hoher Meso- und Makroporosität und ein Verfahren zu deren Herstellung sowie die Verwendung dieser Hochleistungsadsorbentien, insbesondere für Adsorptionsfiltermaterialien, für die Lebensmittelindustrie (z. B. zur Aufbereitung und/oder Entfärbung von Lebensmitteln), für die Adsorption von Giftstoffen, Schadstoffen und Gerüchen, insbesondere aus Gas- bzw. Luftströmen, zur Reinigung oder Aufbereitung von Gasen, wie insbesondere Luft, und von Flüssigkeiten, wie insbesondere Wasser, zur Anwendung in der Medizin bzw. Pharmazie sowie als Sorptionspeicher insbesondere für Gase, Flüssigkeiten und dergleichen.

Aktivkohle ist aufgrund ihrer recht unspezifischen adsorptiven Eigenschaften das am meisten angewendete Adsorbens. Gesetzliche Auflagen, aber auch das steigende Bewußtsein der Verantwortung für die Umwelt, führen zu einem steigenden Bedarf an Aktivkohle.

Aktivkohle wird im allgemeinen durch Carbonisierung (synonym auch als Schwelung, Pyrolyse, Abbrand etc. bezeichnet) und anschließende Aktivierung kohlenstoffhaltiger Ausgangsverbindungen erhalten, wobei solche Ausgangsverbindungen bevorzugt werden, die zu ökonomisch vernünftigen Ausbeuten führen. Denn die Gewichtsverluste durch Abspalten flüchtiger Bestandteile bei der Carbonisierung und durch den nachfolgenden Abbrand bei der Aktivierung sind erheblich. Für weitergehende Einzelheiten der Aktivkohleherstellung kann beispielsweise verwiesen werden auf *H. v. Kienle und E. Bäder*, "Aktivkohle und ihre industrielle Anwendung", Enke Verlag Stuttgart, 1980.

Die Beschaffenheit der erzeugten Aktivkohle – fein- oder grobporig, fest oder brüchig etc. – hängt vom Ausgangsmaterial ab. Übliche Ausgangsmaterialien sind Kokosnußschalen, Holzkohle und Holz (z. B. Holzabfälle), Torf, Stein-

kohle, Peche, aber auch besondere Kunststoffe, die unter anderem bei der Herstellung von Aktivkohlegeweben eine gewisse Rolle spielen.

5 Aktivkohle wird in verschiedenen Formen verwendet: Pulverkohle, Splitterkohle bzw. Kornkohle, Formkohle und seit Ende der 1970er Jahre auch kugelförmige Aktivkohle ("Kugelkohle"). Kugelförmige Aktivkohle hat gegenüber anderen Formen von Aktivkohle, wie Pulver-, Splitter-, Korn- und Formkohle und dergleichen, eine Reihe von Vorteilen, die sie für bestimmte Applikationen wertvoll oder sogar unverzichtbar macht: Sie ist rieselfähig, abriebfest  
10 bzw. staubfrei und hart. Kugelkohle ist wegen ihrer speziellen Form, aber auch wegen der hohen Abriebfestigkeit beispielsweise für besondere Einsatzgebiete sehr gefragt.

15 Kugelkohle wird heute noch meist durch mehrstufige und sehr aufwendige Verfahren hergestellt. Das bekannteste Verfahren besteht in der Herstellung von Kügelchen aus Steinkohlenteerpech und geeigneten asphaltartigen Rückständen der Erdölchemie, welche oxidiert werden – damit sie unschmelzbar werden –, und nachfolgend geschwelt und aktiviert werden. Beispielsweise kann die Kugelkohle auch in einem mehrstufigen Verfahren ausgehend von  
20 Bitumen hergestellt werden. Diese mehrstufigen Verfahren sind sehr kostenintensiv, und der damit verbundene hohe Preis dieser Kugelkohle verhindert viele Anwendungen, bei denen die Kugelkohle aufgrund ihrer Eigenschaften eigentlich bevorzugt werden müßte.

25 In der WO 98/07655 A1 wird ein Verfahren zur Herstellung von Aktivkohlekügelchen beschrieben, bei dem zunächst eine Mischung, die einen aus der Diisocyanatherstellung stammenden Destillationsrückstand, einen kohlenstoffhaltigen Verarbeitungshilfsstoff und gegebenenfalls einen oder mehrere weitere Zusatzstoffe umfaßt, zu rieselförmigen Kügelchen verarbeitet wird  
30 und anschließend die auf diese Weise erhaltenen Kügelchen carbonisiert und dann aktiviert werden.

Aus dem Stand der Technik bekannt ist ferner die Herstellung von Kugelkohle durch Schwelung und anschließende Aktivierung von neuen oder gebrauchten  
35 Ionenaustauschern, die Sulfonsäuregruppen enthalten, bzw. durch Schwelung von Ionenaustauschervorstufen in Gegenwart von Schwefelsäure und an-

schließende Aktivierung, wobei die Sulfonsäuregruppen bzw. die Schwefelsäure die Funktion eines Vernetzers haben. Solche Verfahren sind beispielsweise in der DE 43 28 219 A1 und in der DE 43 04 026 A1 sowie in der DE 196 00 237 A1 einschließlich der deutschen Zusatzanmeldung DE 196 25 069 A1 beschrieben.

Bei speziellen Anwendungen sind aber nicht nur die Geometrie bzw. die äußere Gestalt der Aktivkohle von entscheidender Bedeutung, sondern auch deren Porosität, insbesondere das Gesamtporenvolumen und die Adsorptionskapazität einerseits und die Verteilung der Poren, d. h. der Anteil an Mikro-, Meso- und Makroporen in bezug auf das Gesamtporenvolumen, andererseits.

Bei einer Reihe von Anwendungen ist eine besonders hohe Meso- und Makroporosität der Aktivkohle, d. h. ein großer Meso- und Makroporenvolumenanteil, bei insgesamt hohem Gesamtporenvolumen gefragt, so beispielsweise bei den eingangs genannten Anwendungen, so z. B. für die Verwendung in der Lebensmittelindustrie, für die Herstellung bestimmter Adsorptionsfiltermaterialien (z. B. für ABC-Schutzbekleidung), für die Adsorption von Giftstoffen, Schadstoffen und Gerüchen, insbesondere aus Gas- bzw. Luftströmen, zur Reinigung oder Aufbereitung von Gasen, wie insbesondere Luft, wie auch Flüssigkeiten, zur Anwendung in der Medizin bzw. Pharmazie, bei der sorptiven Speicherung von Gasen oder Flüssigkeiten und dergleichen.

Die aus dem Stand der Technik zu diesem Zweck bekannte Aktivkohle weist zwar eine gewisse Meso- und Makroporosität auf, die aber nicht in allen Fällen ausreichend ist. Zudem beobachtet man mit zunehmender Porosität eine unerwünschte, bisweilen inakzeptable Abnahme der mechanischen Stabilität bzw. Abriebfestigkeit. Auch sind der Anteil an Meso- und Makroporen am Gesamtporenvolumen und das absolute Porenvolumen nicht immer ausreichend, um für alle Anwendungen eine ausreichende Leistungsfähigkeit und/oder eine ausreichende Imprägnierfähigkeit (z. B. Imprägnierung mit Metallen oder Metallsalzen) zu gewährleisten.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein insbesondere für die vorgenannten Anwendungsgebiete geeignetes Hochleistungsadsorbens auf der Basis von Aktivkohle bereitzustellen, welches die zuvor geschilderten

Nachteile des Standes der Technik zumindest weitgehend vermeidet oder aber wenigstens abschwächt. Insbesondere sollte das erfindungsgemäß bereitzustellende Adsorbens eine hohe Meso- und Makroporosität, d. h. einen hohen Meso- und Makroporenanteil in bezug auf das Gesamtporenvolumen, sowie ein großes Gesamtporenvolumen aufweisen, dennoch gleichzeitig über eine gute mechanische Beständigkeit, insbesondere eine hohe Abrieb- und Berstbeständigkeit, verfügen.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung bezeichnet der Begriff der Mikroporen solche Poren mit Porendurchmessern von bis zu 20 Å einschließlich, wohingegen der Begriff der Mesoporen solche Poren mit Porendurchmessern im Bereich von mehr als 20 Å (d. h. > 20 Å) bis 500 Å einschließlich bezeichnet und der Begriff der Makroporen solche Poren mit Porendurchmessern von mehr als 500 Å (d. h. > 500 Å) bezeichnet:

- Mikroporen:  $\text{Porendurchmesser}_{\text{Mikroporen}} \geq 20 \text{ \AA}$
- Mesoporen:  $20 \text{ \AA} < \text{Porendurchmesser}_{\text{Mesoporen}} \leq 500 \text{ \AA}$
- Makroporen:  $\text{Porendurchmesser}_{\text{Makroporen}} > 500 \text{ \AA}$

Zur Lösung des zuvor geschilderten Problems schlägt die vorliegende Erfindung – gemäß einem **ersten** Aspekt der vorliegenden Erfindung – Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle in Form von diskreten Aktivkohlekörnern, vorzugsweise in Kugelform, nach Anspruch 1 vor. Weitere, insbesondere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien sind Gegenstand der diesbezüglichen Unteransprüche.

Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist – gemäß einem **zweiten** Aspekt der vorliegenden Erfindung – das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung der Hochleistungsadsorbentien nach der vorliegenden Erfindung, wie es in den diesbezüglichen Verfahrensansprüchen näher definiert ist.

Wiederum weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist – gemäß einem **dritten** Aspekt der vorliegenden Erfindung – die erfindungsgemäße Verwendung der Hochleistungsadsorbentien nach der vorliegenden Erfindung, wie sie in den diesbezüglichen Verwendungsansprüchen näher definiert ist.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind somit – gemäß einem e r s t e n Aspekt der vorliegenden Erfindung – Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle in Form von diskreten Aktivkohlekörnern, vorzugsweise in Kugelform, welche durch die folgenden Parameter gekennzeichnet sind:

5

- einen Anteil an durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å gebildetem Porenvolumen (d. h. mit anderen Worten einen Anteil an Meso- und Makroporenvolumen) von mindestens 55 % des Gesamtporenvolumens der Hochleistungsadsorbentien (Dieser Parameter wird synonym auch als "Anteil des äußeren Porenvolumens in bezug auf das Gesamtporenvolumen" bezeichnet.),
- einen mittleren Porendurchmesser von mehr als 25 Å sowie
- eine BET-Oberfläche von mindestens 1.250 m<sup>2</sup>/g.

10

15

Die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien bzw. Aktivkohlen zeichnen sich – neben den vorgenannten Eigenschaften bzw. Parametern, insbesondere einem hohen Meso- und Makroporenvolumenanteil (d. h. einem hohen Anteil an Porenvolumen von Poren mit einem Porendurchmesser von mehr als 20 Å) – weiterhin insbesondere durch eine große Gesamtporosität und eine gleichzeitig große BET-Oberfläche aus.

20

25

30

Wie nachfolgend noch ausgeführt wird, ist trotz der hohen Gesamtporosität auch die mechanische Belastbarkeit, insbesondere die Abriebfestigkeit sowie die Berst- bzw. Druckbelastbarkeit, der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien – im Unterschied zu vergleichbaren hochporösen Aktivkohlen des Standes der Technik – extrem hoch, so daß die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien bzw. Aktivkohlen auch für solche Anwendungen geeignet sind, bei denen sie großen mechanischen Belastungen ausgesetzt sind.

35

Bei allen vorstehend genannten und noch im folgenden genannten Parameterangaben ist zu beachten, daß die aufgeführten Grenzwerte, insbesondere Ober- und Untergrenzen, mitumfaßt sind, d. h. alle Werteangaben verstehen sich einschließlich der jeweiligen Grenzen, sofern nichts Gegenteiliges im Einzelfall angegeben ist. Weiterhin versteht es sich von selbst, daß es einzelfallbedingt oder anwendungsbezogen gegebenenfalls erforderlich sein kann, gering-

fällig von den genannten Grenzwerten abzuweichen, ohne daß der Rahmen der vorliegenden Erfindung verlassen ist.

Die vorgenannten und im folgenden noch genannten Parameterangaben werden mit genormten oder explizit angegebenen Bestimmungsverfahren oder  
5 aber mit dem Fachmann an sich geläufigen Bestimmungsmethoden bestimmt.

Die Parameterangaben betreffend die Charakterisierung der Porosität, insbesondere des zuvor bezifferten Meso- und Makroporenanteils (d. h. Anteils an  
10 Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å in bezug auf das Gesamtporenvolumens der Hochleistungsadsorbentien), ergeben sich jeweils aus der Stickstoffisotherme der vermessenen Aktivkohle.

Die Bestimmung des mittleren Porendurchmessers erfolgt gleichermaßen auf  
15 Basis der jeweiligen Stickstoffisothermen.

Die Bestimmung der spezifischen Oberfläche gemäß BET ist dem Fachmann grundsätzlich als solches bekannt, so daß diesbezüglich keine weitergehenden Einzelheiten ausgeführt werden zu brauchen. Alle BET-Oberflächenangaben  
20 beziehen sich auf die Bestimmung gemäß ASTM D6556-04. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird zur Bestimmung der BET-Oberfläche die sogenannte MultiPoint-BET-Bestimmungsmethode (MP-BET) in einem Partialdruckbereich  $p/p_0$  von 0,05 bis 0,1 angewendet.

In bezug auf weitergehende Einzelheiten zur Bestimmung der BET-Oberfläche bzw. zu der BET-Methode kann auf die vorgenannte ASTM D6556-04 sowie auf Römpp Chemielexikon, 10. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart/New York, Stichwort: "BET-Methode", einschließlich der dort referierten Literatur und auf Winnacker-Küchler (3. Auflage), Band 7, Seiten  
30 93 ff. sowie auf Z. Anal. Chem. 238, Seiten 187 bis 193 (1968) verwiesen werden.

Wie zuvor ausgeführt und nachfolgend näher spezifiziert, ist eine Besonderheit der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien unter anderem darin  
35 zu sehen, daß sie über ein sehr großes Gesamtporenvolumen nach Gurvich verfügen, so daß eine große Adsorptionskapazität bereitgestellt wird, wobei

ein hoher Anteil auf das Meso- und Makroporenvolumen (d. h. also auf das durch Poren mit Porendurchmessern oberhalb von 20 Å gebildete Porenvolumen) entfällt – nämlich mindestens 55 % des Gesamtporenvolumens.

5 Was die Bestimmung des Gesamtporenvolumens nach Gurvich anbelangt, so handelt es sich um eine dem Fachmann auf diesem Gebiet an sich bekannte Meß-/Bestimmungsmethode. Zu weitergehenden Einzelheiten bezüglich der Bestimmung des Gesamtporenvolumens nach Gurvich kann beispielsweise  
10 verwiesen werden auf *L. Gurvich* (1915), *J. Phys. Chem. Soc. Russ.* 47, 805, sowie auf *S. Lowell et al.*, *Characterization of Porous Solids and Powders: Surface Area Pore Size and Density*, Kluwer Academic Publishers, Article Technology Series, Seiten 111 ff.

15 Im allgemeinen beträgt das Gesamtporenvolumen nach Gurvich der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien mindestens 0,8 cm<sup>3</sup>/g, insbesondere mindestens 1,0 cm<sup>3</sup>/g, vorzugsweise mindestens 1,2 cm<sup>3</sup>/g, und kann im allgemeinen Werte von bis zu 2,0 cm<sup>3</sup>/g, insbesondere bis zu 2,5 cm<sup>3</sup>/g, vorzugsweise bis zu 3,0 cm<sup>3</sup>/g, besonders bevorzugt bis zu 3,5 cm<sup>3</sup>/g, erreichen.

20 Im allgemeinen liegt das Gesamtporenvolumen nach Gurvich der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien im Bereich von 0,8 bis 3,5 cm<sup>3</sup>/g, insbesondere 1,0 bis 3,5 cm<sup>3</sup>/g, vorzugsweise 1,2 bis 3,2 cm<sup>3</sup>/g.

25 Aufgrund ihrer hohen Meso- und Makroporosität ist das Meso- und Makroporenvolumen der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien (d. h. also mit anderen Worten das durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å gebildete Porenvolumen) relativ hoch: Im allgemeinen liegt das durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å gebildete Porenvolumen (d. h. also das Meso- und Makroporenvolumen) nach Carbon Black der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien im Bereich von 0,4 bis 3,3 cm<sup>3</sup>/g, insbesondere 0,8 bis 3,2 cm<sup>3</sup>/g, bevorzugt 1,0 bis 3,1 cm<sup>3</sup>/g, besonders bevorzugt 1,2 bis 3,0 cm<sup>3</sup>/g, ganz besonders bevorzugt 1,2 bis 2,8 cm<sup>3</sup>/g. Das durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å gebildete Porenvolumen wird  
30 synonym auch als "äußeres Porenvolumen" bezeichnet.

Im allgemeinen sind mindestens 60 %, insbesondere mindestens 65 %, vorzugsweise mindestens 70 %, besonders bevorzugt mindestens 75 %, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 % des Gesamtporenvolumens der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien durch das Porenvolumen von Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å (d. h. also mit anderen Worten durch das Meso- und Makroporenvolumen) gebildet.

Im allgemeinen sind 55 % bis 95 %, insbesondere 60 % bis 95 %, vorzugsweise 65 % bis 90 %, besonders bevorzugt 70 bis 85 %, des Gesamtporenvolumens der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien durch das Porenvolumen von Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å gebildet. Die vorgenannten Prozentangaben bezeichnen somit den Anteil des sogenannten äußeren Porenvolumens (d. h. des durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å gebildeten Porenvolumens) am Gesamtporenvolumen der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien.

Die Bestimmungsmethode nach Carbon Black ist dem Fachmann an sich bekannt (ebenso wie die diesbezügliche Auswertung, einschließlich Plot und Festlegung des sogenannten  $p/p_0$ -Bereiches), so daß es diesbezüglich keiner weitergehenden Einzelheiten bedarf. Zudem kann zu weitergehenden Einzelheiten der Bestimmung der Porenoberfläche und des Porenvolumens nach Carbon Black beispielsweise verwiesen werden auf *R. W. Magee*, Evaluation of the External Surface Area of Carbon Black by Nitrogen Adsorption, Presented at the Meeting of the Rubber Division of the American Chem. Soc., Oktober 1994, z. B. referiert in: Quantachrome Instruments, AUTOSORB-1, AS1 WinVersion 1.50, Operating Manual, OM, 05061, Quantachrome Instruments 2004, Florida, USA, Seiten 71 ff.

Aufgrund der hohen Meso- und Makroporosität der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien ist der mittlere Porendurchmesser relativ hoch: Im allgemeinen beträgt er mindestens 30 Å, insbesondere mindestens 35 Å, bevorzugt mindestens 40 Å.

Im allgemeinen liegt der mittlere Porendurchmesser der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien im Bereich von 25 bis 75 Å, insbesondere 30 bis 75 Å, vorzugsweise 35 bis 70 Å, besonders bevorzugt 40 bis 65 Å.

Wie zuvor ausgeführt, ist eine weitere Besonderheit der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien in der relativ großen BET-Oberfläche zu sehen, welche mindestens  $1.250 \text{ m}^2/\text{g}$ , vorzugsweise mindestens  $1.400 \text{ m}^2/\text{g}$ , besonders bevorzugt mindestens  $1.500 \text{ m}^2/\text{g}$ , ganz besonders bevorzugt mindestens  $1.600 \text{ m}^2/\text{g}$ , beträgt.

Im allgemeinen liegt die BET-Oberfläche der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien im Bereich von  $1.250 \text{ m}^2/\text{g}$  bis  $2.800 \text{ m}^2/\text{g}$ , insbesondere  $1.400$  bis  $2.500 \text{ m}^2/\text{g}$ , vorzugsweise  $1.500$  bis  $2.300 \text{ m}^2/\text{g}$ , besonders bevorzugt  $1.600$  bis  $2.100 \text{ m}^2/\text{g}$ .

Was die äußere Porenoberfläche nach Carbon Black der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien anbelangt (d. h. also die durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als  $20 \text{ \AA}$  gebildete Porenoberfläche), so ist diese aufgrund des hohen Meso- und Makroporenanteils relativ groß und liegt im allgemeinen im Bereich von  $200$  bis  $1.000 \text{ m}^2/\text{g}$ , insbesondere  $250$  bis  $950 \text{ m}^2/\text{g}$ , bevorzugt  $350$  bis  $900 \text{ m}^2/\text{g}$ , besonders bevorzugt  $400$  bis  $850 \text{ m}^2/\text{g}$ .

Im allgemeinen bildet die äußere Porenoberfläche nach Carbon Black der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien (d. h. also die durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als  $20 \text{ \AA}$  gebildete Porenoberfläche) bis zu  $30 \%$ , insbesondere bis zu  $40 \%$ , vorzugsweise bis zu  $50 \%$ , der Gesamtporenoberfläche der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien. Insbesondere bildet die äußere Porenoberfläche nach Carbon Black der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien (d. h. also die durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als  $20 \text{ \AA}$  gebildete Porenoberfläche)  $10$  bis  $50 \%$ , insbesondere  $15$  bis  $45 \%$ , bevorzugt  $20$  bis  $40 \%$ , der Gesamtporenoberfläche der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien.

Darüber hinaus verfügen die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien über eine extrem hohe Butanadsorption und gleichzeitig eine extrem hohe Iodzahl, was ihre Eigenschaft charakterisiert, exzellente Adsorptionseigenschaften in bezug auf verschiedenste zu adsorbierende Stoffe aufzuweisen.

So liegt die gemäß ASTM D5742-95/00 bestimmte Butanadsorption der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien im allgemeinen bei mindestens

30 %, insbesondere bei mindestens 35 %, vorzugsweise bei mindestens 40 %. Im allgemeinen weisen die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien eine nach ASTM D5742-95/00 bestimmte Butanadsorption im Bereich von 30 % bis 80 %, insbesondere 35 bis 75 %, vorzugsweise 40 bis 70 %, auf.

5

Die nach ASTM D4607-94/99 bestimmte Iodzahl der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien liegt im allgemeinen bei mindestens 1.250 mg/g, insbesondere bei mindestens 1.300 mg/g, bevorzugt bei mindestens 1.350 mg/g. Bevorzugterweise weisen die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien eine nach ASTM D4607-94/99 bestimmte Iodzahl im Bereich von 1.250 bis 2.100 mg/g, insbesondere 1.300 bis 2.000 mg/g, vorzugsweise 1.350 bis 1.900 mg/g, auf. Die Iodzahl kann als ein Maß für diejenige verfügbare Oberfläche gewertet werden, welche durch überwiegend größere Mikroporen bereitgestellt wird; die vorgenannten Werte der Iodzahl der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien zeigen, daß die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien gleichzeitig auch über eine hohe Mikroporosität verfügen.

10

Aufgrund der hohen Meso- und Makroporosität weisen die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien gleichermaßen hohe Methylenblau- und Melasseadsorptionszahlen auf, welche gemeinsam als Maß für diejenige verfügbare Oberfläche gewertet werden können, die überwiegend durch Meso- und Makroporen bereitgestellt wird. So bezieht sich die Methylenblauzahl bzw. der Methylenblauadsorption, welche die Menge an pro definierter Menge der Adsorbentien adsorbiertem Methylenblau unter definierten Bedingungen bezeichnet (d. h. die Anzahl an ml einer Methylenblaustandardlösung, die durch eine definierte Menge trockener und pulverisierter Adsorbentien entfärbt werden), auf größere Mikroporen und überwiegend kleinere Mesoporen und gibt einen Hinweis auf die Adsorptionskapazität der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien in bezug auf Moleküle, welche eine vergleichbare Größe wie Methylenblau besitzen. Dagegen ist die Melassezahl als Maß für die Meso- und Makroporosität zu werten ist und bezeichnet die Menge an Adsorbentien, welche erforderlich ist, um eine Standardmelasselösung zu entfärben, so daß die Melassezahl einen Hinweis auf die Adsorptionskapazität der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien in bezug auf Moleküle gibt, welche eine vergleichbare Größe wie Melasse (im allgemeinen Zuckerrübenmelasse) besitzen. Zusammen können die Methylenblau- und Melassezahl somit als

15

20

25

30

35

Maß für die Meso- und Makroporosität der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien gewertet werden.

5 So beträgt der nach der Methode gemäß CEFIC (Conseil Européen des  
Fédérations des l'Industrie Chimique, Avenue Louise 250, Bte 71, B - 1050  
Brüssel, November 1986, European Council of Chemical Manufacturers' Fe-  
derations, Testmethoden für Aktivkohlen, Ziffer 2.4 "Methylenblauwert", Sei-  
ten 27/28) bestimmte Methylenblauwert der erfindungsgemäßen Hochlei-  
10 stungsadsorbentien mindestens 15 ml, insbesondere mindestens 17 ml, vor-  
zugsweise mindestens 19 ml, und liegt im allgemeinen im Bereich von 15 bis  
60 ml, insbesondere 17 bis 50 ml, vorzugsweise 19 bis 45 ml.

Der Methylenblauwert nach der vorgenannten CEFIC-Methode ist somit defi-  
niert als die Anzahl von ml einer Methylenblaustandardlösung, welche durch  
15 0,1 g trockener und pulverisierter Aktivkohle entfärbt werden. Für die Durch-  
führung dieser Methode wird ein Glasgefäß mit Schliffstopfen, ein Filter so-  
wie eine Methylenblaustandardlösung benötigt, welche wie folgt hergestellt  
wird: Eine Menge von 1.200 mg reinen Farbstoffes Methylenblau (entspre-  
chend ca. 1,5 g Methylenblau nach DAB VI [Deutsches Arzneibuch, 6. Aus-  
20 gabe] oder gleichwertiges Produkt) werden in Wasser in einem 1.000-ml-  
Meßkolben gelöst, und man läßt die Lösung mehrere Stunden oder über Nacht  
stehen; zur Überprüfung werden 5,0 ml der Lösung mit 0,25 % (Volumenan-  
teile) Essigsäure in einem Meßkolben auf 1,0 l aufgefüllt, und danach wird die  
Extinktion bei 620 nm und 1 cm Schichtdicke gemessen, wobei sie (0,840 ±  
25 0,010) betragen muß. Ist die Extinktion höher, muß mit der berechneten Was-  
sermenge verdünnt werden; falls sie niedriger liegt, wird die Lösung verwor-  
fen und neu angesetzt. Zur Probenvorbereitung werden die Hochleistungsad-  
sorbentien in Form körniger Aktivkohle pulverisiert (< 0,1 mm) und dann bei  
150 °C zur Gewichtskonstanz getrocknet. Exakt 0,1 g der Kugelnkohle werden  
30 mit 25 ml (5 ml) der Methylenblaustandardlösung in einem Glasschliffkolben  
zusammengebracht (Es muß in einem Vortest ermittelt werden, ob eine An-  
fangszugabe von 25 ml Methylenblaustandardlösung mit 5 ml-Zugaben oder  
eine Anfangszugabe von 5 ml Methylenblaustandardlösung mit 1-ml-Zugaben  
verwendet werden kann.). Es wird geschüttelt, bis Entfärbung eintritt. Dann  
35 werden weitere 5 ml (1 ml) der Methylenblaustandardlösung zugegeben, und  
es wird bis zur Entfärbung geschüttelt. Die Zugabe von Methylenblaustan-

dardlösung wird in 5-ml-Mengen (1-ml-Mengen) so lange wiederholt, wie innerhalb von 5 Minuten noch Entfärbung eintritt. Das gesamte Volumen der Testlösung, die durch die Probe entfärbt wurde, wird notiert. Man wiederholt den Test, um die erhaltenen Ergebnisse zu bestätigen. Das Volumen der Methylenblaustandardlösung in ml, die gerade noch entfärbt werden, ist der Methylenblauwert der Hochleistungsadsorbentien. Es ist in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, daß der Farbstoff Methylenblau nicht getrocknet werden darf, da er wärmeempfindlich ist; der Wassergehalt muß vielmehr rein rechnerisch korrigiert werden.

10

Die dimensionslose Melassezahl dagegen kann grundsätzlich entweder nach der Norit-Methode (Norit N.V., Amersfoort, Niederlande, Norit-Standardmethode NSTM 2.19 "*Molasses Number (Europe)*") oder alternativ nach der PACS-Methode (PACS = Professional Analytical and Consulting Services Inc., Coraopolis Pennsylvania, USA) bestimmt werden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden die Werte für die Melassezahl nach der PACS-Methode ermittelt. So beträgt die nach der PACS-Methode bestimmte Melassezahl der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien mindestens 300, insbesondere mindestens 350, vorzugsweise mindestens 400, und liegt im allgemeinen im Bereich von 300 bis 1.400, insbesondere 350 bis 1.300, vorzugsweise 400 bis 1.250, ganz besonders bevorzugt 700 bis 1.200.

15

20

Bei der Bestimmung der Melassezahl nach der Norit- oder PACS-Methode wird diejenige Menge an pulverisiertem Hochleistungsadsorbentien auf Basis von Aktivkohle bestimmt, welche erforderlich ist, um eine Standardmelasselösung zu entfärben. Die Bestimmung erfolgt photometrisch, wobei die Einstellung der Melassestandardlösung gegen eine standardisierte Aktivkohle mit einer Melassezahl von 245 und/oder 350 erfolgt. Für weitergehende diesbezügliche Einzelheiten kann auf die beiden vorgenannten Vorschriften verwiesen werden.

25

30

Trotz der hohen Porosität, insbesondere Meso- und Makroporosität, weisen die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien eine hohe Druck- bzw. Berstfestigkeit (Gewichtsbelastbarkeit) sowie eine extrem hohe Abriebfestigkeit auf.

35

So liegt die Druck- bzw. Berstfestigkeit (Gewichtsbelastbarkeit) pro Aktivkohlekorn, insbesondere pro Aktivkohlekügelchen, bei mindestens 5 Newton, insbesondere mindestens 10 Newton, vorzugsweise mindestens 15 Newton. Im allgemeinen variiert die Druck- bzw. Berstfestigkeit (Gewichtsbelastbarkeit) pro Aktivkohlekorn, insbesondere pro Aktivkohlekügelchen, im Bereich von 5 bis 50 Newton, insbesondere 10 bis 45 Newton, vorzugsweise 15 bis 40 Newton.

Wie zuvor ausgeführt, ist auch die Abriebshärte der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien extrem hoch: So liegt die Abriebfestigkeit nach der Methode gemäß CEFIC (Conseil Européen des Fédérations des l'Industrie Chimique, Avenue Louise 250, Bte 71, B - 1050 Brüssel, November 1986, European Council of Chemical Manufacturers' Federations, Testmethoden für Aktivkohlen, Ziffer 1.6 "Mechanische Härte", Seiten 18/19) stets bei 100 % oder nahezu 100 %. Auch nach ASTM D3802 werden Abriebfestigkeiten der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien von stets 100 % oder nahezu 100 % erhalten.

Daher hat die Anmelderin eine modifizierte Testmethode in Anlehnung an diese CEFIC-Methode entwickelt, um aussagekräftigere Werte zu erhalten. Die modifizierte Bestimmungsmethode simuliert besser den Widerstand der Probe bzw. der Hochleistungsadsorbentien gegenüber Abrieb oder Zerreiben unter praxisnahen Bedingungen. Zu diesem Zweck wird die Probe eine definierte Zeit lang in einem horizontal schwingenden, mit einer Wolframcarbidkugel beschickten Mahlbecher unter genormten Bedingungen beansprucht. Zu diesem Zweck wird wie folgt vorgegangen: 200 g einer Probe werden eine Stunde lang bei  $(120 \pm 2)^\circ\text{C}$  im Umlufttrockenschrank (Typ: Heraeus UT 6060 der Fa. Kendro GmbH, Hanau) getrocknet und anschließend in einem Exsikkator über Trockenmittel auf Raumtemperatur abgekühlt. 50 g der getrockneten Probe werden entnommen und mittels einer Siebmaschine mit Analysensieb (z. B. Typ: AS 200 control der Fa. Retsch GmbH, Hanau) bei einer Schwinghöhe von 1,2 mm zehn Minuten lang über ein Analysensieb abgesiebt, wobei das Analysensieb in Abhängigkeit von der Kornverteilung der zu vermessenden Probe ausgewählt wird (z. B. Analysensieb der Maschenweite: 0,315 mm, Durchmesser: 200 mm, Höhe: 50 mm); das Unterkorn wird verworfen. 5 ml des Nennkornes werden in einen 10-ml-Meßzylinder nach

DIN ISO 384 (Volumen: 10 ml, Höhe: 90 mm) abgefüllt und das Gewicht mittels eines Wägeglasses mit eingeschliffenem Glasdeckel (Volumen: 15 ml, Durchmesser: 35 mm, Höhe: 30 mm) auf 0,1 mg genau bestimmt mittels Analysenwaage (Typ: BP121S der Sartorius AG, Göttingen, Wägebereich: 120 g, Genauigkeitsklasse: E2, Ablesbarkeit: 0,1 mg). Die abgewogene Probe wird  
5 zusammen mit einer Wolframcarbidmahlkugel mit 20 mm Durchmesser in einen 25-ml-Mahlbecher mit Schraubverschluß (Volumen: 25 ml, Durchmesser: 30 mm, Länge: 65 mm, Werkstoff: Edelstahl) gegeben und dann der Abriebtest mittels Schwingmühle (Typ: MM301 der Fa. Retsch GmbH, Haan, Schwingmühle mit Mahlbecher) durchgeführt; dabei schwingt der Mahlbecher  
10 in horizontaler Lage eine Minute lang mit einer Frequenz von 10 Hz in der Schwingmühle, was dazu führt, daß die Mahlkugel auf die Probe einschlägt und somit Abrieb erzeugt. Anschließend wird die Probe mittels einer Siebmachine bei einer Schwinghöhe von 1,2 mm fünf Minuten lang über das vorgenannte Analysensieb abgeseibt, wobei das Unterkorn wieder verworfen und  
15 das Nennkorn, welches abhängig von der Kornverteilung der betreffenden Probe ist (z. B. Nennkorn größer 0,315 mm) auf 0,1 mg genau im Wägeglas mit Deckel zurückgewogen wird. Die Berechnung der Abriebhärte erfolgt als Masseanteil in % nach folgender Formel: Abriebhärte [%] = (100 x Rückwaage [g]) / Einwaage [g].  
20

Gemäß dieser von der Anmelderin modifizierte Bestimmungsmethode in Abwandlung der vorgenannten CEFIC-Norm beträgt die Abriebfestigkeit der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien mindestens 75 %, insbesondere  
25 mindestens 80 %, vorzugsweise mindestens 85 %, besonders bevorzugt mindestens 90 %, ganz besonders bevorzugt mindestens 95 %.

Wie zuvor ausgeführt, ist eine weitere Besonderheit der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien darin zu sehen, daß sie auch über eine gewisse  
30 Mikroporosität und somit auch über eine gewisse Mikroporenoberfläche (d. h. Oberfläche, welche durch Poren mit Porendurchmesser von  $\leq 20 \text{ \AA}$  gebildet ist) verfügen. Im allgemeinen beträgt die durch Poren mit Porendurchmessern von  $\leq 20 \text{ \AA}$  gebildete Mikroporenoberfläche nach Carbon Black der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien mindestens  $1.000 \text{ m}^2/\text{g}$ , insbesondere  
35 mindestens  $1.100 \text{ m}^2/\text{g}$ , vorzugsweise mindestens  $1.200 \text{ m}^2/\text{g}$ , und liegt

im allgemeinen im Bereich von 1.000 bis 1.800 m<sup>2</sup>/g, insbesondere 1.100 bis 1.600 m<sup>2</sup>/g, vorzugsweise 1.200 bis 1.500 m<sup>2</sup>/g.

5 Im allgemeinen beträgt die durch Poren mit Porendurchmessern von  $\leq 20 \text{ \AA}$  gebildete Mikroporenoberfläche nach Carbon Black der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien mindestens 30 %, insbesondere mindestens 40 %, vorzugsweise mindestens 50 %, der Gesamtporenoberfläche der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien. Insbesondere liegt die durch Poren mit Porendurchmessern von  $\leq 20 \text{ \AA}$  gebildete Mikroporenoberfläche nach Carbon  
10 Black der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien im Bereich von 50 bis 90 %, insbesondere 55 bis 85 %, bevorzugt 60 bis 80 %, der Gesamtporenoberfläche der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien.

Auch das gewichts- und volumenbezogene Volumen  $V_{\text{ads}}(\text{N}_2)$  der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien bei unterschiedlichen Partialdrücken  $p/p_0$  ist sehr groß:  
15

So beträgt das gewichtsbezogene adsorbierte N<sub>2</sub>-Volumen  $V_{\text{ads (gew)}}$  der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien, bestimmt bei einem Partialdruck  $p/p_0$  von 0,25, mindestens 300 cm<sup>3</sup>/g, insbesondere mindestens 350 cm<sup>3</sup>/g, vorzugsweise mindestens 375 cm<sup>3</sup>/g, und liegt insbesondere im Bereich von 300 bis 800 cm<sup>3</sup>/g, vorzugsweise 350 bis 700 cm<sup>3</sup>/g, besonders bevorzugt 375 bis 650 cm<sup>3</sup>/g.  
20

Im allgemeinen beträgt das volumenbezogene adsorbierte N<sub>2</sub>-Volumen  $V_{\text{ads (vol.)}}$  der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien, bestimmt bei einem Partialdruck  $p/p_0$  von 0,25, mindestens 75 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, insbesondere mindestens 100 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, und liegt insbesondere im Bereich von 75 bis 300 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, vorzugsweise 80 bis 275 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, besonders bevorzugt 90 bis 250  
30 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>.

Im allgemeinen beträgt das gewichtsbezogene adsorbierte N<sub>2</sub>-Volumen  $V_{\text{ads (gew.)}}$  der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien, bestimmt bei einem Partialdruck  $p/p_0$  von 0,995, mindestens 400 cm<sup>3</sup>/g, insbesondere mindestens 450 cm<sup>3</sup>/g, und liegt insbesondere im Bereich von 400 bis 2.300 cm<sup>3</sup>/g, vorzugsweise 450 bis 2.200 cm<sup>3</sup>/g, besonders bevorzugt 750 bis 2.100 cm<sup>3</sup>/g.  
35

Im allgemeinen beträgt das volumenbezogene adsorbierte N<sub>2</sub>-Volumen V<sub>ads (vol.)</sub> der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien, bestimmt bei einem Partialdruck p/p<sub>0</sub> von 0,995, mindestens 200 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, insbesondere mindestens 250 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, und liegt insbesondere im Bereich von 200 bis 500 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, vorzugsweise 250 bis 400 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, besonders bevorzugt 275 bis 380 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>.

Die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien sind auf Basis kornförmiger, insbesondere kugelförmiger, Aktivkohle ausgebildet, deren mittlerer Teilchendurchmesser, bestimmt nach ASTM D2862-97/04, im allgemeinen im Bereich von 0,01 bis 2,0 mm, insbesondere 0,01 bis 1,0 mm, vorzugsweise 0,05 bis 0,9 mm, besonders bevorzugt 0,1 bis 0,8 mm, ganz besonders bevorzugt 0,15 bis 0,7 mm, liegt.

Der Aschegehalt der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien, bestimmt nach ASTM D2866-94/04, beträgt höchstens 1 %, insbesondere höchstens 0,8 %, vorzugsweise höchstens 0,6 %, besonders bevorzugt höchstens 0,5 %.

Der nach ASTM D2867-04/04 bestimmte Feuchtigkeitsgehalt der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien beträgt höchstens 1 %, insbesondere höchstens 0,5 %, vorzugsweise höchstens 0,2 %.

Die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien weisen im allgemeinen eine Schüttdichte (Bulk Density), bestimmt nach ASTM B527-93/00, im Bereich von 150 bis 750 g/l, insbesondere 175 bis 650 g/l, vorzugsweise 200 bis 600 g/l, auf.

Gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der vorliegenden Erfindung Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle in Form von diskreten Aktivkohlekörnern, vorzugsweise in Kugelform, insbesondere wie zuvor beschrieben, welche durch die folgenden Parameter gekennzeichnet sind:

- einen Anteil an durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å gebildetem Porenvolumen von mindestens 55 % des Gesamtporenvolumens der Hochleistungsadsorbentien,
- 5 • einen mittleren Porendurchmesser von mehr als 25 Å,
- eine BET-Oberfläche von mindestens 1.250 m<sup>2</sup>/g,
- einen Methylenblauwert von mindestens 15 ml und
- 10 • eine Melassezahl von mindestens 300.

Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung – gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung – ist das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung der Hochleistungsadsorbentien nach der vorliegenden Erfindung. Gegenstand der vorliegenden Erfindung gemäß diesem Erfindungsaspekt ist somit ein Verfahren zur Herstellung der zuvor beschriebenen Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle, bei dem ein kohlenstoffhaltiges Ausgangsmaterial zunächst carbonisiert und nachfolgend aktiviert wird, wobei die Aktivierung zweistufig durchgeführt wird, wobei das carbonisierte Ausgangsmaterial zunächst in einem ersten Aktivierungsschritt einer Aktivierung in einer wasserdampfhaltigen Atmosphäre unterzogen wird, gefolgt von einem zweiten Aktivierungsschritt der Aktivierung in einer CO<sub>2</sub>-haltigen Atmosphäre.

25 Was die für die Herstellung der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien eingesetzten kohlenstoffhaltigen Ausgangsmaterialien anbelangt, so können insbesondere sulfonierte Styrol/Divinylbenzol-Copolymere, insbesondere sulfonierte divinylbenzolvernetzten Polystyrole, vorzugsweise in Kornform, besonders bevorzugt in Kugelform, zum Einsatz kommen. Der Divinylbenzolgehalt der als Ausgangsmaterialien zur Herstellung der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien verwendeten sulfonierten Styrol/Divinylbenzol-Copolymere sollte insbesondere im Bereich von 1 bis 20 Gew.-%, insbesondere 1 bis 15 Gew.-%, vorzugsweise 2 bis 10 Gew.-%, bezogen auf die Styrol/Divinylbenzol-Copolymere, liegen. Die Ausgangscopolymere können grundsätzlich vom Gelyp oder aber vom makroporösen Typ ausgewählt sein. Wenn von unsulfonierten Ausgangsmaterialien ausgegangen wird, kann die Sulfonierung in situ (insbesondere vor und/oder während der Carbonisierung)

durchgeführt werden, insbesondere mit dem Fachmann an sich bekannten Methoden, vorzugsweise mittels Schwefelsäure und/oder Oleum und/oder  $\text{SO}_3$ ; dies ist dem Fachmann an sich geläufig (vgl. hierzu auch der eingangs geschilderte Stand der Technik). Als Ausgangsmaterialien besonders bewährt  
5 haben sich gelförmige oder makroporöse Typen der entsprechenden Ionenaustauscherharze bzw. der entsprechenden unsulfoierten Vorstufen von Ionenaustauscherharzen, welche noch sulfoniert werden müssen.

Bei der Carbonisierung (synonym auch als Pyrolyse, Abbrand oder Schwelung bezeichnet) erfolgt die Umwandlung der kohlenstoffhaltigen Ausgangspolymere zu Kohlenstoff, d. h. mit anderen Worten wird das kohlenstoffhaltige Ausgangsmaterial verkohlt. Bei der Carbonisierung der zuvor genannten organischen Polymerkörper, insbesondere Polymerkügelchen, auf Basis von Styrol und Divinylbenzol, die Sulfonsäuregruppen enthalten, führt die Abspaltung der Sulfonsäuregruppen während der Carbonisierung zu freien Radikalen  
15 und somit zu Vernetzungen, ohne die es keinen Pyrolyserückstand (= Kohlenstoff) gäbe. Im allgemeinen wird die Carbonisierung unter inerte Atmosphäre (z. B. Stickstoff) oder allenfalls leicht oxidierender Atmosphäre durchgeführt. Gleichermaßen kann es vorteilhaft sein, während der Carbonisierung, insbesondere bei höheren Temperaturen (z. B. im Bereich von etwa 500 bis 650  
20 °C), zu der Inertatmosphäre eine kleinere Menge an Sauerstoff, insbesondere in Form von Luft (z. B. 1 bis 5 %), zuzugeben, um eine Oxidation des carbonisierten Polymerskeletts zu bewirken und auf diese Weise die nachfolgende Aktivierung zu erleichtern. Im allgemeinen wird die Carbonisierung bei Temperaturen von 100 bis 950 °C, insbesondere 150 bis 900 °C, vorzugsweise 300 bis 850 °C, durchgeführt. Die Gesamtdauer der Carbonisierung liegt dabei etwa bei 30 Minuten bis etwa 10 Stunden, insbesondere etwa 1 Stunde bis etwa  
25 6 Stunden.

Im Anschluß an die Carbonisierung wird das carbonisierte Zwischenprodukt einer Aktivierung unterzogen, am Ende derer die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien auf Basis von Aktivkohle in Kornform, insbesondere Kugelform, resultieren. Das Grundprinzip der Aktivierung besteht darin, einen Teil des bei der Carbonisierung generierten Kohlenstoffs selektiv und gezielt  
35 unter geeigneten Bedingungen abzubauen. Hierdurch entstehen zahlreiche Poren, Spalten und Risse, und die auf die Masseneinheit bezogene Oberfläche

nimmt erheblich zu. Bei der Aktivierung wird also ein gezielter Abbrand der Kohle vorgenommen. Da bei der Aktivierung Kohlenstoff abgebaut wird, tritt bei diesem Vorgang ein Substanzverlust ein, welcher – unter optimalen Bedingungen – gleichbedeutend mit einer Erhöhung der Porosität und Zunahme der inneren Oberfläche und des Porenvolumens ist. Die Aktivierung erfolgt  
5 daher unter selektiven bzw. kontrollierten oxidierenden Bedingungen.

Die Besonderheit bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Hochleistungs-  
10 adsorbentien ist – neben der Auswahl des zuvor beschriebenen Ausgangsmaterials – in der speziellen Verfahrensführung der Aktivierung zu sehen, insbesondere in der Zweistufigkeit der Aktivierung, wobei das carbonisierte Ausgangsmaterial zunächst in einem ersten Aktivierungsschritt einer Aktivierung in einer wasserdampfhaltigen Atmosphäre unterzogen wird und sich hieran ein zweiter Aktivierungsschritt in einer CO<sub>2</sub>-haltigen Atmosphäre anschließt. Wie  
15 die Untersuchungen der Anmelderin ergeben haben, führt überraschenderweise nur die getrennte Durchführung dieser Aktivierungsschritte in der vorgenannten Reihenfolge zu den gewünschten Produkten. Die Umkehr der Reihenfolge der Aktivierungsschritte oder ein gemeinsam durchgeführter Aktivierungsschritt in einer Wasserdampf/Kohlendioxid-Atmosphäre führt dagegen zu deutlich weniger leistungsstarken Produkten, welche nicht die gewünschten Eigenschaften, insbesondere nicht die hohe Gesamtporosität bei hohem Meso-/Makroporenanteil und relativ hohem absolutem Mikroporenvolumen sowie  
20 hoher mechanischer Stabilität, aufweisen. Wie die Untersuchungen der Anmelderin überraschend gezeigt haben, führt bei erfindungsgemäßer Verfahrensführung die Wasserdampfaktivierung vorwiegend zur Ausbildung des Mikroporenanteils, während die Kohlendioxidaktivierung vorwiegend zur Ausbildung der Meso- und Makroporen beiträgt, wobei überraschenderweise die Ausbildung des Meso- und Makroporenvolumens nicht zu Lasten des Mikroporenvolumens oder vice versa erfolgt. Neu und überraschend ist somit insgesamt, daß auf das Weise ein sehr großes Gesamtporenvolumen bei sehr hoher Stabilität und Abriebfestigkeit sowie sehr hohem Meso- und Makroporenanteil bei gleichzeitig hohem Mikroporenanteil erreicht werden kann (d. h. die  
30 Ausbildung von Meso- und Makroporen in der enormen Ausprägung führt bei den erfindungsgemäßen Produkten nicht zu einer Reduzierung des Mikroporenanteils, wie im Stand der Technik üblich). Vielmehr wird ein hoher Mikroporenanteil bei gleichzeitig hohem Meso-/Makroporenvolumenanteil erreicht.  
35

Im allgemeinen wird derart verfahren, daß der erste Aktivierungsschritt bei Temperaturen von 700 bis 1.300 °C, insbesondere 800 bis 1.200 °C, vorzugsweise 850 bis 950 °C, und/oder über eine Dauer von 5 bis 24 Stunden, vorzugsweise 5 bis 15 Stunden, insbesondere 6 bis 12 Stunden, durchgeführt wird. Üblicherweise kann die Dauer der ersten Aktivierungsstufe in Abhängigkeit von der Erreichung einer vorgegebenen Iodzahl gesteuert werden; beispielsweise kann die erste Aktivierungsstufe bis zur Erreichung einer Iodzahl von mindestens 1.000 mg/g, insbesondere mindestens 1.250 mg/g, durchgeführt werden. Die Atmosphäre der ersten Aktivierungsstufe umfaßt Wasserdampf, insbesondere ein Gemisch aus Wasserdampf/Inertgas, vorzugsweise ein Gemisch aus Wasserdampf/Stickstoff, oder besteht hieraus. Aus den vorgenannten Gründen ist im Rahmen der ersten Aktivierungsstufe die Anwesenheit von anderen Aktivierungsgasen als Wasserdampf, insbesondere die Anwesenheit von Kohlenstoffoxiden (z. B. CO<sub>2</sub>), Sauerstoff und/oder Ammoniak, auszuschließen. Gute Ergebnisse werden erhalten, wenn der Durchsatz bzw. die eingesetzte Menge an Wasserdampf 25 bis 350 l/h, insbesondere 50 bis 300 l/h, beträgt, berechnet als Wasser (d. h. flüssiges Wasser bei 25 °C und unter Atmosphärendruck). In Abhängigkeit von der Menge an zu aktivierendem Ausgangsmaterial (= zuvor im Rahmen der Carbonisierung hergestelltes Carbonisat) sollte die eingesetzte Menge bzw. der massenbezogene Durchsatz an Wasserdampf vorteilhafterweise 0,01 bis 50 l/(h · kg), insbesondere 0,02 bis 25 l/(h · kg), vorzugsweise 0,02 bis 5 l/(h · kg), betragen, berechnet als Wasser (d. h. flüssiges Wasser bei 25 °C und unter Atmosphärendruck) und bezogen auf mit Wasserdampf zu aktivierendes Ausgangsmaterial.

Was den zweiten Aktivierungsschritt anbelangt, so wird im allgemeinen derart verfahren, daß der zweite Aktivierungsschritt bei Temperaturen von 700 bis 1.300 °C, insbesondere 800 bis 1.200 °C, vorzugsweise 850 bis 950 °C, und/oder über eine Dauer von 1 bis 10 Stunden, insbesondere 3 bis 8 Stunden, durchgeführt wird. Die Atmosphäre der zweiten Aktivierungsstufe umfaßt CO<sub>2</sub>, insbesondere reines CO<sub>2</sub> oder ein Gemisch aus CO<sub>2</sub>/Inertgas, insbesondere ein Gemisch aus CO<sub>2</sub>/Stickstoff, oder besteht hieraus, wobei reines Kohlendioxid besonders bevorzugt ist. Aus den vorgenannten Gründen ist im Rahmen der zweiten Aktivierungsstufe die Anwesenheit von anderen Aktivierungsgasen als CO<sub>2</sub>, insbesondere die Anwesenheit von Wasserdampf, auszuschließen. Gute Ergebnisse werden erhalten, wenn der Durchsatz bzw. die

eingesetzte Menge an CO<sub>2</sub> 10 bis 250 m<sup>3</sup>/h, insbesondere 20 bis 200 m<sup>3</sup>/h, beträgt (bezogen auf reines CO<sub>2</sub>). In Abhängigkeit von der Menge an zu aktivierendem Ausgangsmaterial sollte die eingesetzte Menge bzw. der massenbezogene Durchsatz an CO<sub>2</sub> vorteilhafterweise 0,001 bis 100 m<sup>3</sup>/(h·kg), insbesondere 0,01 bis 50 m<sup>3</sup>/(h·kg), vorzugsweise 0,05 bis 10 m<sup>3</sup>/(h·kg), betragen, berechnet als reines gasförmiges CO<sub>2</sub> unter Aktivierungsbedingungen, insbesondere bei dem jeweiligen Druck und bei der jeweiligen Temperatur, welche für die Aktivierung ausgewählt werden, und bezogen auf mit CO<sub>2</sub> zu aktivierendes Ausgangsmaterial..

10

Üblicherweise wird derart verfahren, daß die erste und zweite Aktivierungsstufe ineinander übergehen (z. B. durch Änderung der Aktivierungsatmosphäre innerhalb derselben Apparatur).

15

Insbesondere ist es überraschend, daß zum einen die erfindungsgemäße Durchführung der Aktivierung eine exakte Steuerung der Porosität im Hinblick auf den Mikro-, Meso- und Makroporenanteil ermöglicht und zum anderen trotz der hohen Porosität bei gleichzeitig hoher Meso- und Makroporosität und auch guter Mikroporosität eine extrem hohe Abriebfestigkeit und mechanische Druckfestigkeit resultiert. Es war nicht zu erwarten, daß auf diese Weise selektiv eine hohe Meso- und Makroporosität bei gleichzeitig ausreichender Mikroporosität generiert wird.

20

25

Durch Variation der zuvor spezifizierten Aktivierungsbedingungen kann gezielt die Porosität eingestellt bzw. gesteuert werden. Auf diese Weise können die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien sozusagen maßgeschneidert werden. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle mit einer hohen Meso- und Makroporosität bei gleichzeitig guter Mikroporosität und gleichzeitig hoher Stabilität und Abriebfestigkeit sind aus dem Stand der Technik nicht bekannt. Ebenso hervorzuheben ist das exzellente Adsorptionsverhalten gegenüber Molekülen nahezu beliebiger Molekülgröße infolge des Vorhandenseins aller Arten von Poren in relativ großen Mengen bzw. Anteilen. Gleichermäßen hervorzuheben ist auch die ausgezeichnete Imprägnierbarkeit der erfindungsgemäßen Produkte mit Katalysatoren bzw. Metallen oder Metallsalzen.

30

35

Die Figurendarstellungen gemäß Fig. 1 und Fig. 2 zeigen N<sub>2</sub>-Adsorptionsisothermen für zwei unterschiedliche erfindungsgemäße Hochleistungsadsorbentien, welche unter unterschiedlichen Aktivierungsbedingungen hergestellt worden sind. Die physikochemischen Eigenschaften der beiden erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien sind zudem in der nachfolgenden Tabelle 1 zusammengefaßt. Zum Vergleich ist dort auch eine handelsübliche Aktivkohle der Fa. Kureha mit den betreffenden physikochemischen Eigenschaften aufgeführt.

Die in Tabelle 1 wiedergegebenen Daten zeigen die Überlegenheit der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien gegenüber einer Aktivkohle des Standes der Technik: Die Kombination einer hohen Gesamtporosität mit hohem Meso-/Makroporenvolumenanteil bei hoher BET-Oberfläche und gleichzeitig guter absoluter Mikroporosität, hoher mechanischer Beständigkeit und exzellenten Adsorptionseigenschaften ist in dieser Kombination – neben den übrigen physikochemischen Parametern – nur bei der erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien zu finden. Erfindungsgemäß lassen sich also Hochleistungsadsorbentien auf Basis von Aktivkohle in Kornform, insbesondere Kugelform, herstellen, welche den handelsüblichen Produkten überlegen sind.

Die in Tabelle 1 aufgeführten erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien "Aktivkohle I" und "Aktivkohle II" werden jeweils wie folgt hergestellt: Handelsübliche, getrocknete Ionenaustauschervorstufen auf der Basis von divinylbenzolvernetzten Polystyrolcopolymeren mit einem Divinylbenzolgehalt von etwa 4 % werden bei Temperaturen von 100 °C bis 150 °C mit einer Schwefelsäure/Oleum-Mischung in an sich bekannter Weise sulfoniert. Dann wird in an sich bekannter Weise bei Temperaturen bis zu 850 °C vier Stunden lang unter Stickstoffatmosphäre carbonisiert und anschließend die Aktivierung eingeleitet. Während bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Aktivkohle I die erste Aktivierungsstufe ("Wasserdampfaktivierung") für eine Dauer von etwa 8,5 Stunden bei etwa 900 °C mit einem Wasserdampfdurchsatz von etwa 100 m<sup>3</sup>/h und die zweite Aktivierungsstufe ("Kohlendioxidaktivierung") für eine Dauer von etwa 8,0 Stunden bei etwa 900 °C mit einem Kohlendioxid-durchsatz von etwa 35 m<sup>3</sup>/h durchgeführt wurden, wurden dagegen bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Aktivkohle II die erste Aktivierungsstufe

("Wasserdampfaktivierung") für eine Dauer von etwa 10,5 Stunden bei etwa 925 °C mit einem Wasserdampfdurchsatz von etwa 125 m<sup>3</sup>/h und die zweite Aktivierungsstufe ("Kohlendioxidaktivierung") für eine Dauer von etwa 8 Stunden bei etwa 925 °C mit einem Kohlendioxiddurchsatz von etwa 40 m<sup>3</sup>/h durchgeführt. Nach Abkühlung auf Raumtemperatur werden die in Tabelle 1 aufgeführten erfindungsgemäßen Produkte erhalten.

Wiederum weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung – gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung – ist die erfindungsgemäße Verwendung der Hochleistungsadsorbentien nach der vorliegenden Erfindung.

So eignen sich die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien insbesondere für die Adsorption von Giftstoffen, Schadstoffen und Gerüchen, beispielsweise aus Gas- bzw. Luftströmen. Weiterhin eignen sich die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien auch zur Reinigung und Aufbereitung von Gasen, insbesondere zur Reinigung von Luft, sowie von Flüssigkeiten, wie insbesondere Wasser (z. B. Trinkwasseraufbereitung). Insbesondere eignen sich die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien für die Imprägnierung (z. B. mit Katalysatoren bzw. Metallen oder Metallsalzen).

Des weiteren eignen sich die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien beispielsweise auch zur Verwendung für die bzw. in der Lebensmittelindustrie, insbesondere zur Aufbereitung und/oder Entfärbung von Lebensmitteln.

Weiterhin können die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien auch in Adsorptionsfiltermaterialien bzw. zur Herstellung von Adsorptionsfiltermaterialien verwendet werden. Derartige Adsorptionsfiltermaterialien lassen sich insbesondere für die Herstellung von Schutzbekleidung einsetzen, z. B. von Schutzanzügen, Schutzhandschuhen, Schutzunterwäsche, Schutzschuhen etc., insbesondere für den zivilen oder militärischen Bereich (z. B. ABC-Schutz).

Des weiteren eignen sich die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien auch zur Verwendung im Bereich der Medizin oder Pharmazie, insbesondere als Arzneimittel oder Arzneimittelbestandteil.

Schließlich können die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien auch als Sorptionsspeicher für Gase und Flüssigkeiten dienen.

5 Aufgrund ihrer hohen Gesamtporosität bei hoher Meso- und Makroporosität und ebenso einer gewissen Mikroporosität und gleichzeitig exzellenter mechanischer Beständigkeit mit exzellenten adsorptiven Eigenschaften sind die erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien vergleichbaren Adsorbentien des Standes der Technik deutlich überlegen.

10 Weitere Ausgestaltungen, Abwandlungen und Variationen der vorliegenden Erfindung sind für den Fachmann beim Lesen der Beschreibung ohne weiteres erkennbar und realisierbar, ohne daß er dabei den Rahmen der vorliegenden Erfindung verläßt.

**Tabelle 1:** Vergleich physikochemischer Parameter von zwei erfindungsgemäßen Hochleistungsadsorbentien auf der Basis kugelförmiger Aktivkohle einerseits und handelsüblicher Aktivkohle in Kugelform der Fa. Kureha andererseits

	Erfindungsgemäße Aktivkohle I		Erfindungsgemäße Aktivkohle II		Handelsübliche Aktivkohle der Fa. Kureha
	Nach erstem Aktivierungsschritt (Zwischenprodukt)	Nach zweitem Aktivierungsschritt (Endprodukt)	Nach erstem Aktivierungsschritt (Zwischenprodukt)	Nach zweitem Aktivierungsschritt (Endprodukt)	
Gesamtporenvolumen (Gurvich) (p/p <sub>0</sub> = 0,995) [cm <sup>3</sup> /g] **	0,6267	1,7890	0,7510	3,1590	0,5891
Mittlerer Porendurchmesser [Å]	18,08	42,05	19,05	62,75	17,89
BET (Multipoint, MP) (p/p <sub>0</sub> = 0,05-0,1) (ASTM D6556-04) [m <sup>2</sup> /g] **	1.387	1.702	1.577	2.013	1.317
Mikroporenvolumen (Carbon Black) [cm <sup>3</sup> /g] *	0,5524	0,5082	0,6211	0,5311	0,5240
Anteil der Mikroporen am Gesamtporenvolumen [%] *	88,1	28,4	82,7	16,8	88,95
Adsorbiertes Volumen N <sub>2</sub> (p/p <sub>0</sub> = 0,25) gewichtsbezogen [cm <sup>3</sup> /g] **	368	463	422	563	349
Adsorbiertes Volumen N <sub>2</sub> (p/p <sub>0</sub> = 0,25) volumenbezogen [cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ] **	233	138	227	101	206
Adsorbiertes Volumen N <sub>2</sub> (p/p <sub>0</sub> = 0,995) gewichtsbezogen [cm <sup>3</sup> /g] **	404	1.154	484	2.037	380
Adsorbiertes Volumen N <sub>2</sub> (p/p <sub>0</sub> = 0,995) volumenbezogen [cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ] **	256	344	261	365	224

Tabelle 1: Fortsetzung

	Erfindungsgemäße Aktivkohle I		Erfindungsgemäße Aktivkohle II		Handelsübliche Aktivkohle der Fa. Kureha
	Nach erstem Aktivierungsschritt (Zwischenprodukt)	Nach zweitem Aktivierungsschritt (Endprodukt)	Nach erstem Aktivierungsschritt (Zwischenprodukt)	Nach zweitem Aktivierungsschritt (Endprodukt)	
Mikroporenoberfläche (Carbon Black) [cm <sup>2</sup> /g] *	1.342	1.261	1.499	1.288	1.271
Summe Meso- und Makroporenvolumen (= sog. äußeres Porenvolumen) (Carbon Black) [cm <sup>3</sup> /g] ***	0,0743	1,2808	0,1299	2,6279	0,07
Anteil der Meso- und Makroporen am Gesamtporenvolumen (= Anteil des sog. äußeren Porenvolumens in bezug auf Gesamt-porenvolumen) [%] ****	11,9	71,6	17,3	83,2	11,1
Oberfläche der Meso- und Makroporen (= sog. äußere Porenoberfläche) (Carbon Black) [cm <sup>2</sup> /g] ***	45	441	78	725	46
Anteil der Porenoberfläche der Meso- und Makroporen in bezug auf BET-Oberfläche (= Anteil der sog. äußeren Porenoberfläche in bezug auf BET-Oberfläche) (MP) [%]****	3,2	25,9	4,9	36,0	3,5
Adsorbat	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Butanadsorption (ASTM D5742-95/00) [%]	30,9	42,4	35,4	52,9	29,2
Iodzahl (ASTM D4607-94/99) [mg/g]	1.413	1.588	1.490	1.750	1.343

Tabelle 1: Fortsetzung

	Erfindungsgemäße Aktivkohle I		Erfindungsgemäße Aktivkohle II		Handelsübliche Aktivkohle der Fa. Kureha
	Nach erstem Aktivierungsschritt (Zwischenprodukt)	Nach zweitem Aktivierungsschritt (Endprodukt)	Nach erstem Aktivierungsschritt (Zwischenprodukt)	Nach zweitem Aktivierungsschritt (Endprodukt)	
Methylenblauzahl (CEFIC) [ml]	19,9	34,8	27,2	38,9	< 10
Melassezahl (PACS) [dimensionslos]	96	1.020	142	1.174	< 100
Abriebfestigkeit (interne Methode) [%]	98,22	90,38	99,2	90,04	< 90

\* Mikroporen: Poren mit Porendurchmessern  $\leq 20 \text{ \AA}$  \*\* p/p<sub>0</sub> = Partialdruck oder Partialdruckbereich

\*\*\* Meso- und Makroporen: Sammelbezeichnung für alle Poren mit Porendurchmessern  $> 20 \text{ \AA}$

**Patentansprüche:**

1. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle in Form von diskreten Aktivkohlekörnern, vorzugsweise in Kugelform,  
5  
**dadurch gekennzeichnet,**
- daß mindestens 55 % des Gesamtporenvolumens der Hochleistungsadsorbentien durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å gebildet sind,  
10
  - daß die Hochleistungsadsorbentien einen mittleren Porendurchmesser von mehr als 25 Å aufweisen und
  - daß die Hochleistungsadsorbentien eine BET-Oberfläche von mindestens 1.250 m<sup>2</sup>/g aufweisen.  
15
2. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gesamtporenvolumen nach Gurvich der Hochleistungsadsorbentien mindestens 0,8 cm<sup>3</sup>/g, insbesondere mindestens 1,0 cm<sup>3</sup>/g, vorzugsweise mindestens 1,2 cm<sup>3</sup>/g, beträgt und/oder daß das Gesamtporenvolumen nach Gurvich der Hochleistungsadsorbentien Werte von bis zu 2,0 cm<sup>3</sup>/g, insbesondere bis zu 2,5 cm<sup>3</sup>/g, vorzugsweise bis zu 3,0 cm<sup>3</sup>/g, besonders bevorzugt bis zu 3,5 cm<sup>3</sup>/g, erreicht.  
20  
25
3. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Gesamtporenvolumen nach Gurvich der Hochleistungsadsorbentien im Bereich von 0,8 bis 3,5 cm<sup>3</sup>/g, insbesondere 1,0 bis 3,5 cm<sup>3</sup>/g, vorzugsweise 1,2 bis 3,2 cm<sup>3</sup>/g, liegt.  
30
4. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å gebildete Porenvolumen nach Carbon Black der Hochleistungsadsorbentien im Bereich von 0,4 bis 3,3 cm<sup>3</sup>/g, insbesondere 0,8 bis 3,2 cm<sup>3</sup>/g, bevorzugt  
35

1,0 bis 3,1 cm<sup>3</sup>/g, besonders bevorzugt 1,2 bis 3,0 cm<sup>3</sup>/g, ganz besonders bevorzugt 1,2 bis 2,8 cm<sup>3</sup>/g, liegt.

5. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem  
5 oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens 60 %, insbesondere mindestens 65 %, vorzugsweise  
mindestens 70 %, besonders bevorzugt mindestens 75 %, ganz besonders  
bevorzugt mindestens 80 %, des Gesamtporenvolumens der Hochlei-  
stungsadsorbentien durch das Porenvolumen von Poren mit Poren-  
10 durchmessern von mehr als 20 Å gebildet sind.
6. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem  
oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
daß 55 % bis 95 %, insbesondere 60 % bis 95 %, vorzugsweise 65 % bis  
15 90 %, besonders bevorzugt 70 bis 85 %, des Gesamtporenvolumens der  
Hochleistungsadsorbentien durch das Porenvolumen von Poren mit Po-  
rendurchmessern von mehr als 20 Å gebildet sind.
7. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem  
20 oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
daß der mittlere Porendurchmesser der Hochleistungsadsorbentien min-  
destens 30 Å, insbesondere mindestens 35 Å, bevorzugt mindestens  
40 Å, beträgt und/oder daß der mittlere Porendurchmesser der Hochlei-  
stungsadsorbentien im Bereich von 25 bis 75 Å, insbesondere 30 bis  
25 75 Å, vorzugsweise 35 bis 70 Å, besonders bevorzugt 40 bis 65 Å, liegt.
8. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem  
oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
daß die BET-Oberfläche der Hochleistungsadsorbentien im Bereich von  
30 1.250 m<sup>2</sup>/g bis 2.800 m<sup>2</sup>/g, insbesondere 1.400 bis 2.500 m<sup>2</sup>/g, vorzugs-  
weise 1.500 bis 2.300 m<sup>2</sup>/g, besonders bevorzugt 1.600 bis 2.100 m<sup>2</sup>/g,  
liegt.
9. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem  
35 oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
daß die durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å gebildete

Porenoberfläche nach Carbon Black im Bereich von 200 bis 1.000 m<sup>2</sup>/g, insbesondere 250 bis 950 m<sup>2</sup>/g, bevorzugt 350 bis 900 m<sup>2</sup>/g, besonders bevorzugt 400 bis 850 m<sup>2</sup>/g, liegt.

- 5      10. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem  
oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
daß die durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als 20 Å gebildete  
Porenoberfläche nach Carbon Black bis zu 30 %, insbesondere bis zu 40  
%, vorzugsweise bis zu 50 %, der Gesamtporenoberfläche der Hochleis-  
10      tungsadsorbentien ausmacht und/oder daß die durch Poren mit  
Porendurchmessern von mehr als 20 Å gebildete Porenoberfläche nach  
Carbon Black 10 bis 50 %, insbesondere 15 bis 45 %, bevorzugt 20 bis  
40 %, der Gesamtporenoberfläche der Hochleistungsadsorbentien  
ausmacht.
- 15      11. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem  
oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Hochleistungsadsorbentien eine Butanadsorption von mindestens  
30 %, insbesondere mindestens 35 %, vorzugsweise mindestens 40 %,   
aufweisen und/oder daß die Hochleistungsadsorbentien eine Butanad-  
20      sorption im Bereich von 30 bis 80 %, insbesondere 35 bis 75 %, vor-  
zugsweise 40 bis 70 %, aufweisen.
12. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem  
oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
25      daß die Hochleistungsadsorbentien eine Iodzahl von mindestens 1.250  
mg/g, insbesondere mindestens 1.300 mg/g, bevorzugt mindestens 1.350  
mg/g, aufweisen und/oder daß die Hochleistungsadsorbentien eine Iod-  
zahl im Bereich von 1.250 bis 2.100 mg/g, insbesondere 1.300 bis 2.000  
mg/g, vorzugsweise 1.350 bis 1.900 mg/g, aufweisen.
- 30      13. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem  
oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Hochleistungsadsorbentien einen Methylenblauwert von minde-  
stens 15 ml, insbesondere mindestens 17 ml, vorzugsweise mindestens  
35      19 ml, aufweisen und/oder daß die Hochleistungsadsorbentien einen Me-

thylenblauwert im Bereich von 15 bis 60 ml, insbesondere 17 bis 50 ml, vorzugsweise 19 bis 45 ml, aufweisen.

- 5
14. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochleistungsadsorbentien eine Melassezahl von mindestens 300, insbesondere mindestens 350, vorzugsweise mindestens 400, aufweisen und/oder daß die Hochleistungsadsorbentien eine Melassezahl im Bereich von 300 bis 1.400, insbesondere 350 bis 1.300, vorzugsweise 10 400 bis 1.250, ganz besonders bevorzugt 700 bis 1.200, aufweisen.
15. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Druck- bzw. Berstfestigkeit pro Aktivkohlekorn, insbesondere pro 15 Aktivkohlekügelchen, von mindestens 5 Newton, insbesondere mindestens 10 Newton, vorzugsweise mindestens 15 Newton, und/oder gekennzeichnet durch eine Druck- bzw. Berstfestigkeit pro Aktivkohlekorn, insbesondere pro Aktivkohlekügelchen, im Bereich von 5 bis 50 20 Newton, insbesondere 10 bis 45 Newton, vorzugsweise 15 bis 40 Newton.
16. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Abriebfestigkeit von mindestens 75 %, insbesondere mindestens 25 80 %, vorzugsweise mindestens 85 %, besonders bevorzugt mindestens 90 %, ganz besonders bevorzugt mindestens 95 %.
17. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, 30 daß die durch Poren mit Porendurchmessern von  $\leq 20 \text{ \AA}$  gebildete Mikroporenoberfläche nach Carbon Black der Hochleistungsadsorbentien mindestens  $1.000 \text{ m}^2/\text{g}$ , insbesondere mindestens  $1.100 \text{ m}^2/\text{g}$ , vorzugsweise mindestens  $1.200 \text{ m}^2/\text{g}$ , beträgt und/oder daß die durch Poren mit Porendurchmessern von  $\leq 20 \text{ \AA}$  gebildete Mikroporenoberfläche nach 35 Carbon Black der Hochleistungsadsorbentien im Bereich von 1.000 bis

1.800 m<sup>2</sup>/g, insbesondere 1.100 bis 1.600 m<sup>2</sup>/g, vorzugsweise 1.200 bis 1.500 m<sup>2</sup>/g, liegt.

- 5 18. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die durch Poren mit Porendurchmessern von  $\leq 20 \text{ \AA}$  gebildete Mikroporenoberfläche nach Carbon Black der Hochleistungsadsorbentien mindestens 30 %, insbesondere mindestens 40 %, vorzugsweise mindestens 50 %, der Gesamtporenoberfläche der Hochleistungsadsorbentien ausmacht und/oder daß die durch Poren mit Porendurchmessern von  $\leq 20 \text{ \AA}$  gebildete Mikroporenoberfläche nach Carbon Black der Hochleistungsadsorbentien 50 bis 90 %, insbesondere 55 bis 85 %, bevorzugt 60 bis 80 %, der Gesamtporenoberfläche der Hochleistungsadsorbentien ausmacht.
- 10
- 15 19. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das gewichtsbezogene adsorbierte N<sub>2</sub>-Volumen  $V_{\text{ads (gew.)}}$  der Hochleistungsadsorbentien, bestimmt bei einem Partialdruck  $p/p_0$  von 0,25, mindestens 300 cm<sup>3</sup>/g, insbesondere mindestens 350 cm<sup>3</sup>/g, vorzugsweise mindestens 375 cm<sup>3</sup>/g, beträgt und insbesondere im Bereich von 300 bis 800 cm<sup>3</sup>/g, vorzugsweise 350 bis 700 cm<sup>3</sup>/g, besonders bevorzugt 375 bis 650 cm<sup>3</sup>/g, liegt und/oder daß das volumenbezogene adsorbierte N<sub>2</sub>-Volumen  $V_{\text{ads (vol.)}}$  der Hochleistungsadsorbentien, bestimmt bei einem Partialdruck  $p/p_0$  von 0,25, mindestens 75 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, insbesondere mindestens 100 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, beträgt und insbesondere im Bereich von 75 bis 300 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, vorzugsweise 80 bis 275 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, besonders bevorzugt 90 bis 250 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, liegt.
- 20
- 25
- 30 20. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das gewichtsbezogene adsorbierte N<sub>2</sub>-Volumen  $V_{\text{ads (gew.)}}$  der Hochleistungsadsorbentien, bestimmt bei einem Partialdruck  $p/p_0$  von 0,995, mindestens 400 cm<sup>3</sup>/g, insbesondere mindestens 450 cm<sup>3</sup>/g, beträgt und insbesondere im Bereich von 400 bis 2.300 cm<sup>3</sup>/g, vorzugsweise 450 bis 2.200 cm<sup>3</sup>/g, besonders bevorzugt 750 bis 2.100 cm<sup>3</sup>/g, liegt und/oder
- 35

daß das volumenbezogene adsorbierte N<sub>2</sub>-Volumen  $V_{\text{ads (vol.)}}$  der Hochleistungsadsorbentien, bestimmt bei einem Partialdruck  $p/p_0$  von 0,995, mindestens  $200 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ , insbesondere mindestens  $250 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ , beträgt und insbesondere im Bereich von  $200$  bis  $500 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ , vorzugsweise  $250$  bis  $400 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ , besonders bevorzugt  $275$  bis  $380 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ , liegt.

21. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochleistungsadsorbentien bzw. die Aktivkohlekörner, insbesondere Aktivkohlekügelchen, mittlere Teilchendurchmesser im Bereich von  $0,01$  bis  $2,0 \text{ mm}$ , insbesondere  $0,01$  bis  $1,0 \text{ mm}$ , vorzugsweise  $0,05$  bis  $0,9 \text{ mm}$ , besonders bevorzugt  $0,1$  bis  $0,8 \text{ mm}$ , ganz besonders bevorzugt  $0,15$  bis  $0,7 \text{ mm}$ , aufweisen.
22. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Aschegehalt von höchstens  $1 \%$ , insbesondere höchstens  $0,8 \%$ , vorzugsweise höchstens  $0,6 \%$ , besonders bevorzugt höchstens  $0,5 \%$ , und/oder gekennzeichnet durch einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens  $1 \%$ , insbesondere höchstens  $0,5 \%$ , vorzugsweise höchstens  $0,2 \%$ .
23. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Schüttdichte im Bereich von  $150$  bis  $750 \text{ g/l}$ , insbesondere  $175$  bis  $650 \text{ g/l}$ , vorzugsweise  $200$  bis  $600 \text{ g/l}$ .
24. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle in Form von diskreten Aktivkohlekörnern, vorzugsweise in Kugelform, insbesondere nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die folgenden Parameter:
- einen Anteil an durch Poren mit Porendurchmessern von mehr als  $20 \text{ \AA}$  gebildetem Porenvolumen von mindestens  $55 \%$  des Gesamtporenvolumens der Hochleistungsadsorbentien,
  - einen mittleren Porendurchmesser von mehr als  $25 \text{ \AA}$ ,
  - eine BET-Oberfläche von mindestens  $1.250 \text{ m}^2/\text{g}$ ,

- einen Methylenblauwert von mindestens 15 ml und
  - eine Melassezahl von mindestens 300.
- 5      25. Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle, insbesondere nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochleistungsadsorbentien erhältlich sind durch ein Verfahren nach den Ansprüchen 26 bis 34.
- 10     26. Verfahren zur Herstellung der Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, wobei ein kohlenstoffhaltiges Ausgangsmaterial zunächst carbonisiert und nachfolgend aktiviert wird,
- 15            **dadurch gekennzeichnet,**
- daß die Aktivierung zweistufig durchgeführt wird, wobei das carbonisierte Ausgangsmaterial zunächst in einem ersten Aktivierungsschritt einer Aktivierung in einer wasserdampfhaltigen Atmosphäre unterzogen
- 20            wird, gefolgt von einem zweiten Aktivierungsschritt der Aktivierung in einer CO<sub>2</sub>-haltigen Atmosphäre.
27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Aktivierungsschritt bei Temperaturen von 700 bis 1.300 °C, insbesondere
- 25            800 bis 1.200 °C, vorzugsweise 850 bis 950 °C, und/oder über eine Dauer von 5 bis 24 Stunden, vorzugsweise 6 bis 15 Stunden, insbesondere 6 bis 12 Stunden, durchgeführt wird.
28. Verfahren nach Anspruch 26 und/oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß
- 30            der zweite Aktivierungsschritt bei Temperaturen von 700 bis 1.300 °C, insbesondere 800 bis 1.200 °C, vorzugsweise 850 bis 950 °C, und/oder über eine Dauer von 1 bis 10 Stunden, insbesondere 3 bis 8 Stunden, durchgeführt wird.
- 35     29. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Atmosphäre des ersten Aktivierungsschrittes Wasserdampf, insbesondere ein Gemisch aus Wasserdampf/Inertgas, vorzugsweise ein Gemisch aus Wasserdampf/Stickstoff,

- umfaßt oder hieraus besteht, insbesondere wobei der Durchsatz an Wasserdampf 25 bis 350 m<sup>3</sup>/h, insbesondere 50 bis 300 m<sup>3</sup>/h, beträgt, bezogen auf reinen Wasserdampf, und/oder insbesondere wobei der massenbezogene Durchsatz an Wasserdampf 0,01 bis 50 l/(h · kg), insbesondere 0,02 bis 25 l/(h · kg), vorzugsweise 0,02 bis 5 l/(h · kg), beträgt, berechnet als Wasser und bezogen auf die Menge an mit Wasserdampf zu aktivierendem Ausgangsmaterial.
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
30. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Atmosphäre des zweiten Aktivierungsschrittes CO<sub>2</sub>, insbesondere reines CO<sub>2</sub> oder ein Gemisch aus CO<sub>2</sub>/Inertgas, insbesondere ein Gemisch aus CO<sub>2</sub>/Stickstoff, umfaßt oder hieraus besteht, insbesondere wobei der Durchsatz an CO<sub>2</sub> 10 bis 250 m<sup>3</sup>/h, insbesondere 20 bis 200 m<sup>3</sup>/h, beträgt, bezogen auf reines CO<sub>2</sub>, und/oder wobei der massenbezogene Durchsatz an CO<sub>2</sub> 0,001 bis 100 m<sup>3</sup>/(h · kg), insbesondere 0,01 bis 50 m<sup>3</sup>/(h · kg), vorzugsweise 0,05 bis 10 m<sup>3</sup>/(h · kg), beträgt, berechnet als reines gasförmiges CO<sub>2</sub> unter Aktivierungsbedingungen und bezogen auf die Menge an mit CO<sub>2</sub> zu aktivierendem Ausgangsmaterial.
  31. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und zweite Aktivierungsschritt ineinander übergehen.
  32. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Aktivierungsschritt bis zur Erreichung einer vorgegebenen Iodzahl, insbesondere bis zur Erreichung einer Iodzahl von mindestens 1.000 mg/g, insbesondere mindestens 1.250 mg/g, durchgeführt wird.
  33. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Carbonisierung bei Temperaturen im Bereich von 100 bis 950 °C, insbesondere 150 bis 900 °C, vorzugsweise 300 bis 850 °C, und/oder über eine Dauer von 0,5 bis 6 Stunden und/oder unter inerter oder allenfalls leicht oxidierender Atmosphäre durchgeführt wird.

34. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als kohlenstoffhaltiges Ausgangsmaterial sulfonierte Styrol/Divinylbenzol-Copolymere, insbesondere sulfonierte divinylbenzolvernetzte Polystyrole, insbesondere in Kornform, bevorzugt in Kugelform, eingesetzt werden, insbesondere wobei der Divinylbenzolgehalt der sulfonierten Styrol/Divinylbenzol-Copolymere im Bereich von 1 bis 20 Gew.-%, insbesondere 1 bis 15 Gew.-%, vorzugsweise 2 bis 10 Gew.-%, bezogen auf die Styrol/Divinylbenzol-Copolymere, liegt.
35. Verwendung der Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche für die Lebensmittelindustrie, insbesondere zur Aufbereitung und/oder Entfärbung von Lebensmitteln.
36. Verwendung der Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche für die Adsorption von Giftstoffen, Schadstoffen und Gerüchen, insbesondere aus Gas- oder Luftströmen, oder zur Reinigung oder Aufbereitung von Gasen, insbesondere Luft oder Flüssigkeiten, insbesondere Wasser.
37. Verwendung der Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche zur Verwendung in Adsorptionsfiltermaterialien, insbesondere für die Herstellung von Schutzbekleidung.
38. Verwendung der Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche als Sorptionsspeicher für Gase oder Flüssigkeiten.
39. Verwendung der Hochleistungsadsorbentien auf der Basis von Aktivkohle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche im Bereich der Medizin oder Pharmazie, insbesondere als Arzneimittel oder Arzneimittelbestandteil.

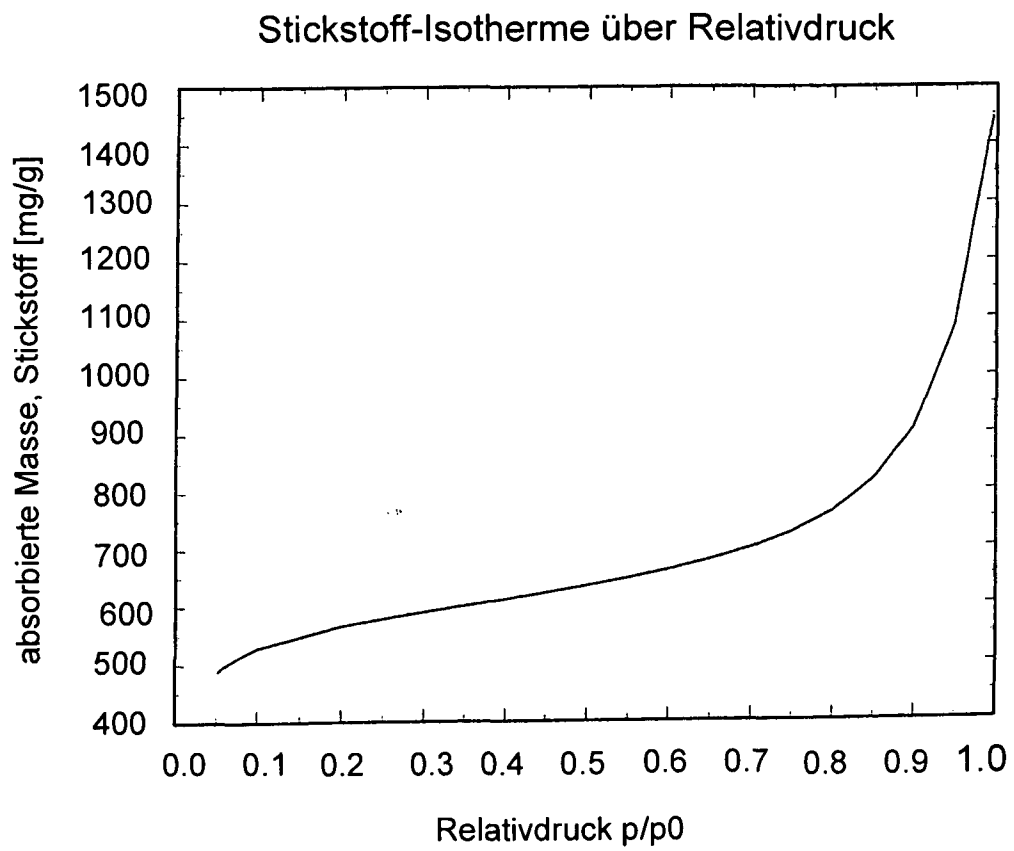


Fig. 1

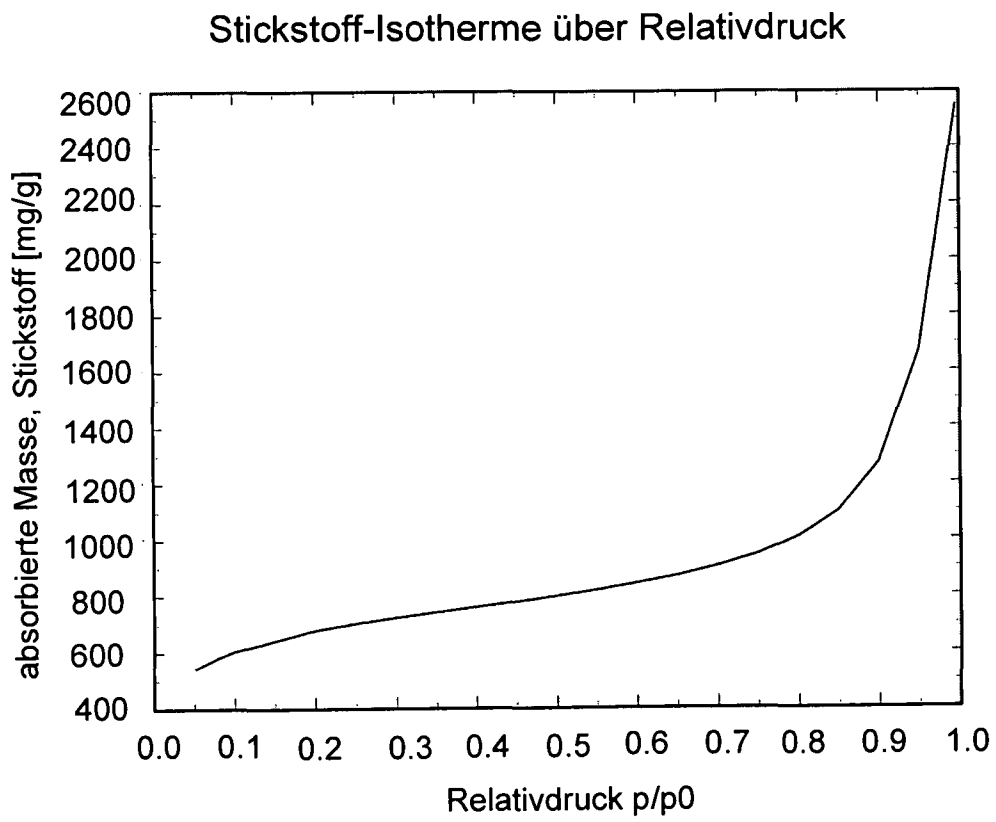


Fig. 2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2008/000606

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B01J20/20 B01J20/28 B01J20/30 C01B31/08 C01B31/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01J C01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 049 116 A (ASAHI GLASS CO LTD [JP]; ADCHEMCO CORP [JP] ASAHI GLASS CO LTD [JP]; J) 2 November 2000 (2000-11-02) paragraph [0018]; examples 1,6-8; table 1	1-25, 35-39
A	----- paragraph [0030]	26-34
X	EP 1 666 649 A (TEIJIN LTD [JP]) 7 June 2006 (2006-06-07) paragraphs [0015], [0016], [0043], [0044]; example 1	1-25, 35-39
A	----- THIEME RÖMPP ONLINE: "Akiykohle" INTERNET CITATION, [Online] August 2004 (2004-08), XP002468792 Retrieved from the Internet: URL: <a href="http://www.roempp.com/prod/index1.html">http://www.roempp.com/prod/index1.html</a> > [retrieved on 2008-02-13] the whole document	1-39
	----- -/-	

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 März 2008

Date of mailing of the international search report

04/04/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marucci, Alessandra

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2008/000606

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2004/046033 A (RVG BERLIN BRANDENBURG GES. FUE [DE]; SCHOENFELD. MANFRED [DE]; SCHOENFE) 3 June 2004 (2004-06-03) page 7, line 8 - page 8, line 8 -----	26-39

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/000606

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1049116	A	02-11-2000	DE 60024518 T2 US 6865068 B1	10-08-2006 08-03-2005
EP 1666649	A	07-06-2006	CN 1882724 A WO 2005028719 A1 KR 20060076771 A US 2007054580 A1	20-12-2006 31-03-2005 04-07-2006 08-03-2007
WO 2004046033	A	03-06-2004	AU 2003294632 A1 DE 10254241 A1 EP 1562855 A1 US 2006148645 A1	15-06-2004 09-06-2004 17-08-2005 06-07-2006

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2008/000606

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. B01J20/20 B01J20/28 B01J20/30 C01B31/08 C01B31/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**  
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 B01J C01B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
 EPO-Internal, WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 049 116 A (ASAHI GLASS CO LTD [JP]; ADCHEMCO CORP [JP] ASAHI GLASS CO LTD [JP]; J) 2. November 2000 (2000-11-02) Absatz [0018]; Beispiele 1,6-8; Tabelle 1	1-25, 35-39
A	----- Absatz [0030]	26-34
X	EP 1 666 649 A (TEIJIN LTD [JP]) 7. Juni 2006 (2006-06-07) Absätze [0015], [0016], [0043], [0044]; Beispiel 1	1-25, 35-39
A	----- THIEME RÖMPP ONLINE: "Aktivkohle" INTERNET CITATION, [Online] August 2004 (2004-08), XPO02468792 Gefunden im Internet: URL: <a href="http://www.roempp.com/prod/index1.htm">http://www.roempp.com/prod/index1.htm</a> > [gefunden am 2008-02-13] das ganze Dokument	1-39
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*8\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
31. März 2008	04/04/2008

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Marucci, Alessandra
---	--

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/000606

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2004/046033 A (RVG BERLIN BRANDENBURG GES FUE [DE]; SCHOENFELD MANFRED [DE]; SCHOENFE) 3. Juni 2004 (2004-06-03) Seite 7, Zeile 8 - Seite 8, Zeile 8 -----	26-39

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/000606

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1049116	A	02-11-2000	DE 60024518 T2 US 6865068 B1	10-08-2006 08-03-2005
EP 1666649	A	07-06-2006	CN 1882724 A WO 2005028719 A1 KR 20060076771 A US 2007054580 A1	20-12-2006 31-03-2005 04-07-2006 08-03-2007
WO 2004046033	A	03-06-2004	AU 2003294632 A1 DE 10254241 A1 EP 1562855 A1 US 2006148645 A1	15-06-2004 09-06-2004 17-08-2005 06-07-2006