



CH 694 172 A5

19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 694 172 A5

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

51 Int. Cl.⁷: F 23 J 015/00
B 01 D 053/10
C 23 F 011/00

12 PATENTSCHRIFT A5



21 Gesuchsnummer: 02231/99

73 Inhaber:
ICA Chemie AG, Hauptstrasse 64
4132 Muttenz (CH)

22 Anmeldungsdatum: 06.12.1999

30 Priorität: 15.12.1998 AT A 2094/98

72 Erfinder:
Birkner Friedrich, Nr. 33
3384 Gross-Sierning (AT)

24 Patent erteilt: 13.08.2004

45 Patentschrift
veröffentlicht: 13.08.2004

74 Vertreter:
OK pat AG, Hinterbergstrasse 36, Postfach 5254
6330 Cham (CH)

54 **Verfahren zum Verhindern der Korrosion und Verschmutzung von Verbrennungsanlagen sowie Stoffgemisch für die Verwendung als Korrosionsschutzmittel oder Adsorbens zur Durchführung dieses Verfahrens.**

57 Bei einem Verfahren zum Verhindern der Korrosion und Verschmutzung der Wände und zur Verringerung der Schadstoffbelastung der Abgase von Verbrennungsanlagen, insbesondere Kohlekraftwerken oder Müllverbrennungsanlagen, wird ein Gemisch aus sauer aktivierten Phyllosilikaten in den Brennraum oder Abgasraum einge-
düst und/oder als Adsorbens in Filtern eingesetzt. Ein Stoffgemisch für die wahlweise Verwendung als Korrosionsschutzmittel oder als Adsorbens für Schadstoffe besteht aus einem Gemisch von sauer aktivierten Phyllosilikaten.



CH 694 172 A5

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Verhindern der Korrosion und Verschmutzung der Wände und zur Verringerung der Schadstoffbelastung der Abgase von Verbrennungsanlagen, insbesondere Kohlekraftwerken oder Müllverbrennungsanlagen, sowie auf ein Stoffgemisch für die wahlweise Verwendung als Korrosionsschutzmittel oder als Adsorbens für Schadstoffe, welches zum Einsatz in dem eingangs genannten Verfahren besonders geeignet ist.

Aus der WO 98/03616 ist bereits ein Additiv zum Eindüsen in Verbrennungsräume von Feuerungs- und Müllverbrennungsanlagen bekannt geworden, mit welchem Hochtemperaturkorrosion verhindert werden sollte und gleichzeitig der Flugstaubanteil in den Verbrennungsabgasen herabgesetzt werden sollte.

Bekanntes Korrosionsschutzverfahren versuchten die Korrosion in Verbrennungsanlagen und insbesondere an den Wärmetauscherflächen der Kessel dadurch herabzusetzen, dass in der Gasphase Umsetzungen zur Deaktivierung korrosiver Substanzen vorgenommen werden. Neben den in der Vergangenheit bereits vorgeschlagenen Substanzen, wie beispielsweise Magnesiumoxid zur Herabsetzung einer Hochtemperatursulfatkorrosion, wurde in der genannten WO 98/03616 sauer aktivierter Bentonit als Additiv vorgeschlagen. Sauer aktivierter Bentonit erlaubt hierbei auch Korrosionsschäden zu verhindern, die durch die Sulfatisierung von Chloriden entstehendes Chlor hervorruft, wobei zur Herabsetzung des Flugstaubanteiles zusätzlich Oxidschmelzen, insbesondere Glasmehl bzw. Glasstaub mit einem Schmelzpunkt von unter 1000°C eingedüst wurde. Das sauer aktivierte Bentonit ist auf Grund seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften in der Lage, mit Alkaliverbindungen im Rauchgas überaus rasch und auch bei höheren Temperaturen, insbesondere bei Temperaturen von über 900°C, bereits zu reagieren, wobei Alkali abgebunden werden kann und HCl gebildet wird. Diese Eigenschaft resultiert nicht zuletzt auf Grund der durch die saure Aktivierung des Bentonits gebildeten Silanolgruppen und es wird somit kein elementares Chlor freigesetzt, wodurch die Gefahr der Hochtemperaturchlorkorrosion wesentlich herabgesetzt wird. Auf Grund der im Feuerraum vorherrschenden Bedingungen einer Müllverbrennungsanlage wird bei dem heute üblicherweise im Müll vorherrschenden hohen Chlorgehalt in nicht unerheblicher Menge Alkalichlorid gebildet. Das Verhältnis zwischen Chlor und Schwefel hat sich beim Müll in den letzten Jahren im Rauchgas zu Gunsten von Chlor verschoben, wobei vermehrte Mengen an Metallchloriden unzersetzt ins Rauchgas gelangen und erst dort in den Belegen in Sulfate umgewandelt werden. Unter den gegebenen thermodynamischen Bedingungen führt diese Umsetzung, welche auch Sulfatisierungsreaktion genannt wird, zu Natriumsulfat und elementarem Chlor und damit zu einem starken korrosiven Angriff. Das Chlor gelangt an die Rohroberfläche und kann dort Stahl unter Bildung von Eisenchlorid zerstören. Diese Sulfatisierungsreaktion ist in erster Linie im Feuerraum hinter und knapp über der Ausmauerung zu beobachten und

durch die vorgeschlagene Eindüstung von sauer aktiviertem Bentonit gelingt es spezifisch an dieser Stelle den Gehalt an Metallchloriden überaus rasch zu reduzieren.

5 Neben der Problematik der Hochtemperaturchlorkorrosion, welcher durch Verwendung von sauer aktiviertem Bentonit als Additiv weitestgehend begegnet werden konnte, treten aber in Verbrennungsabgasen eine Reihe weiterer Schadstoffe auf, welche eine aufwändige Abgasreinigung erfordern und welche Anlass zu einem hohen Mass an Verschmutzung geben. Auf Grund der spezifischen Eigenschaften von sauer aktiviertem Bentonit alleine kann diesen weiteren Problemen in Müllverbrennungsanlagen nicht mit sauer aktiviertem Bentonit begegnet werden.

15 Eine übliche Abgasreinigung wird zumeist unter Verwendung von Aktivkohlefiltern vorgenommen. Aktivkohlefilter sind allerdings nur bei relativ tiefen Temperaturen gefahrlos einzusetzen und neigen bei Überschreitungen von Temperaturgrenzen zu Explosionen und weiteren unerwünschten Schadstoffemission.

20 Die Erfindung zielt nun darauf ab, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mit welchem über die Möglichkeiten von sauer aktiviertem Bentonit alleine als Additiv hinaus weitere Aufgaben, wie beispielsweise eine Verringerung der Verschmutzung der Wände und eine einfachere Abgasreinigung, bewältigt werden können. Zur Lösung dieser Aufgabe besteht das erfindungsgemässe Verfahren im Wesentlichen darin, dass ein Gemisch aus sauer aktivierten Phyllosilikaten in den Brennraum oder Abgasraum eingedüst und/oder als Adsorbens in Filtern eingesetzt wird. Dadurch, dass nun ein Gemisch aus sauer aktivierten Phyllosilikaten eingesetzt wird, kann die Porenstruktur und Porenradienverteilung derartiger Gemische den jeweiligen Bedürfnissen optimal angepasst werden und den zu erwartenden Schadstoffen bei der Verbrennung angepasst werden. Sauer aktivierter Bentonit weist beispielsweise einen mittleren Porenradius von 5,5 nm auf, wohin gegen ein weiterer Vertreter der sauer aktivierten Phyllosilikate, wie beispielsweise sauer aktivierter Serpentin, wesentlich kleinere Poren mit einem mittleren Porenradius von nur 0,5 nm aufweist. Aus dieser wesentlichen Verringerung des mittleren Porenradius resultiert naturgemäss auch eine wesentliche Verringerung der spezifischen Oberfläche von etwa 300 bis 400 m²/g bei sauer aktiviertem Bentonit, auf 200 m²/g bei sauer aktiviertem Serpentin. Auch das Schüttgewicht wird auf Grund der wesentlich kleineren Poren bei sauer aktiviertem Serpentin wesentlich höher und beträgt etwa das Doppelte des Schüttgewichtes von sauer aktiviertem Bentonit. Durch geeignete Mischung derartiger sauer aktivierter Phyllosilikate kann somit nicht nur eine Porenradienverteilung erzielt werden, die beispielsweise der einer Aktivkohle entspricht, wobei gleichzeitig eine wesentlich höhere Temperaturfestigkeit und eine wesentliche Verringerung der Brandgefahr erreicht wird, sondern auch das Schüttgewicht in einer Weise erhöht werden, dass beim Eindüsen eine längere Verweilzeit durch Ausbildung eines Fließbettes erzielt werden kann. Insgesamt lässt sich somit mit einer Mischung aus sauer aktivierten Phyllosilikaten mit unterschiedlichen mittleren Porenradien und unterschiedlichen

spezifischen Oberflächen sowie unterschiedlichen Schüttgewichten ein anorganisches Adsorptionsmittel mit genau abgestimmter Porenstruktur herstellen, das dem jeweils gewünschten Anwendungsfall optimal angepasst werden kann, insbesondere gelingt es durch Beimengungen von sauer aktivierten Phyllosilikaten mit geringerem Porenradius und höherem Schüttgewicht, auch Schadstoffe, wie beispielsweise Dioxine und polychlorierte Kohlenwasserstoffe, aus Rauchgasen von Müllverbrennungsanlagen zu adsorbieren und zu entfernen, wobei der Einsatz des Gemisches sowohl im Rahmen einer Eindüsung in der bekannten Weise, wie sie bereits für sauer aktivierten Bentonit vorgeschlagen wurde, als auch als Adsorbens in Filtern mit hoher Wirksamkeit erfolgen kann. Eine weitere Möglichkeit des Einsatzes des derartigen Gemisches besteht darin, dass ein Gemisch von sauer aktivierten Phyllosilikaten Abwässern zugemischt und gemeinsam mit den Abwässern in die Verbrennungsanlagen eingebracht bzw. eingedüst wird. Auf Grund der Sylanolgruppen die durch die saure Aktivierung gebildet wurden, wirken derartige Gemische als Kationentausch, sodass auch auf diese Weise die Salzbildung und damit die Hochtemperaturchlorkorrosion hintangehalten werden kann.

Im Rahmen einer Verwendung der Gemische aus sauer aktivierten Phyllosilikaten als Adsorbens in Filtern können weitere Schadstoffe dadurch eliminiert werden, dass das Stoffgemisch vor der Verwendung mit Schwefel beladen wird.

Während im Fall der Verwendung als Additiv zum Eindüsen in Verbrennungsanlagen, insbesondere Müllverbrennungsanlagen sowie als Ionenaustausch in Abwässern die Hygroskopie derartiger sauer aktivierter Phyllosilikate von untergeordneter Bedeutung ist, kann die Verwendung derartiger Stoffgemische als Filtermaterial, insbesondere als Adsorbens in Filtern, bei zu hoher Hygroskopie die Adsorption hydrophober Schadstoffe erschweren. Dies kann dadurch hintangehalten werden, dass für einen derartigen Einsatz das Stoffgemisch bei Temperaturen von $> 500^\circ$ behandelt wird, bevor es als Adsorbens eingesetzt wird. Die Temperaturbehandlung bei Temperaturen von über 500°C führt hiebei zu einer zumindest teilweisen Vernetzung der Sylanolgruppe und zur Ausbildung der gewünschten Porosität, sodass auf diese Weise das Gemisch wesentlich geringere Hydrophilie aufweist.

Im Rahmen des erfindungsgemässen Verfahrens ist ein Stoffgemisch besonders bevorzugt, welches im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet ist, dass das Stoffgemisch aus wenigstens zwei sauer aktivierten Phyllosilikaten der Gruppe Bentonit, Serpentin, Glimmer, Feldspat besteht. Wesentlich für die erfolgreiche Zusammensetzung des Stoffgemisches ist hiebei wiederum die Verwendung von wenigstens zwei Vertretern der sauer aktivierten Phyllosilikate mit unterschiedlichem mittlerem Porenradius und unterschiedlichem Schüttgewicht. Dies gilt beispielsweise für die Verwendung von sauer aktiviertem Bentonit gemeinsam mit sauer aktiviertem Serpentin oder anderen sauer aktivierten Phyllosilikaten. Das erfindungsgemässe Stoffgemisch wird hiebei mit Vorteil so eingestellt, dass die Menge der Mischungskomponenten in Hinblick auf definierte Porenvoluminaver-

teilungen gewählt wird und für höhere Mengen an zu adsorbierenden PCDD/PCDF ein höherer Anteil an Komponenten mit grösserem mittlerem Porenradius und für höhere Mengen an Hg-Chloriden ein höherer Anteil an Komponenten mit geringerem mittlerem Porenradius eingesetzt wird.

Eine weitere bevorzugte Mischung lässt sich dadurch erzielen, dass das mittlere Schüttgewicht des Stoffgemisches zur Ausbildung einer Wirbelschicht in den Abgasraum einer Verbrennungsanlage, insbesondere Müllverbrennungsanlage auf 450 g/l bis 600 g/l, eingestellt wird. Ein derartiges Gemisch eignet sich besonders für das Eindüsen in Verbrennungsanlagen, wobei gegenüber sauer aktiviertem Bentonit alleine eine wesentlich grössere Verweilzeit und damit eine wesentlich bessere Umsetzung sichergestellt wird.

Die unterschiedlichen Porenradien der sauer aktivierten Phyllosilikate im Gemisch erlauben die gleichzeitige Adsorption von Dioxinen und polychlorierten Kohlenwasserstoffen sowie von Quecksilberchloriden aus Rauchgasen von Müllverbrennungsanlagen, wobei hier zu berücksichtigen ist, dass der kritische Moleküldurchmesser von PCDD/PCDF bei etwa $8,3 \text{ \AA}$ und von HgCl_2 bei etwa $3,9 \text{ \AA}$ liegt.

Besonders bevorzugt im Rahmen des erfindungsgemässen Verfahrens sind hiebei Stoffgemische, welche sich dadurch auszeichnen, dass sauer aktivierter Bentonit in Mengen von weniger als 50 Gew.-%, vorzugsweise 10 bis 40 Gew.-%, enthalten ist, wobei vorzugsweise sauer aktivierter Bentonit in Mengen von 25 bis 35 Gew.-% und sauer aktivierter Serpentin in Mengen von 65 bis 75 Gew.-% enthalten ist. Mit einem derartigen bevorzugten Gemisch lässt sich der HgCl_2 -Gehalt in mg/m^3 von ursprünglich 0,1 bis $0,7 \text{ mg/m}^3$ auf 0,02 bis $0,03 \text{ mg/m}^3$ reduzieren, wobei gleichzeitig der PCDD/PCDF-Gehalt in ng TE/m^3 von 2 bis 5 im Rohgas auf 0,02 bis 0,05 reduziert werden kann. Neben der hervorragenden Wirkung als Korrosionsschutzadditiv gegen Hochtemperaturchlorkorrosion im Rauchgas von Verbrennungsanlagen wird somit gleichzeitig auch eine wesentliche Verbesserung der Qualität des Abgases erzielt.

Während sauer aktivierter Bentonit allein auf Grund des sehr leichten Kornes rasch mit Rauchgas mitgerissen wird und daher ein Korrosionsschutz nur in unmittelbarer Nähe der Eindüsstelle und in der Regel auf der Ebene der Sekundärluftdüsen gewährleistet ist, lässt sich mit dem erfindungsgemässen Gemisch ein wesentlich umfangreicherer Korrosionsschutz gewährleisten, wobei gleichzeitig die thermische Stabilität der Gemische gegenüber der thermischen Stabilität von sauer aktiviertem Bentonit wesentlich verbessert wird.

Durch Zumischen von Phyllosilikaten, die bei der Aktivierung nur Mikroporen bilden, wie beispielsweise von sauer aktiviertem Serpentin, kann durch geeignete Wahl der Korngrösse und des Schüttgewichtes eine Wirbelschicht im Feuerraum erzeugt werden. Da diese Silikate eine wesentlich höhere thermische Stabilität aufweisen und auch bei Temperaturen über 1000°C noch stabil bleiben, können sie im Feuerraum ausreichend lange wirken. Durch Einstellung des gewünschten Schüttgewichtes kann ein Absinken bis zum Feuer erzielt werden, sodass derartige

Additive nach dem Eindüsen auch unterhalb der Eindüsstelle zur Wirkung gelangen. Das Eindüsen von Quarzsanden und Glas, wie dies in der Vergangenheit vorgeschlagen wurde, ist mit dem erfindungsgemässen Gemisch überflüssig, da derartige Silikate bei der Umsetzung unmittelbar gebildet werden und auf diese Weise den Anteil von Flugstaub in den Rauchgasen herabsetzen. Gleichzeitig wird auf Grund der höheren Reinheit der Abgase die Verschmutzung der Wände wesentlich verringert und der Reinigungsaufwand, welcher bisher in der Regel ein Sandstrahlen der Kesselinnenwände erforderte, beschränkt sich in der Regel auf ein Abblasen von Verunreinigungen mit Pressluft.

Die erfindungsgemässen Gemische können auf Grund ihrer hohen Stabilität in Müllverbrennungsanlagen auch zuerst als Adsorptionsmittel und anschliessend als Additive eingesetzt werden. Wenn Abwässer, wie beispielsweise Sickerwässer von Deponien, Beizwässer od. dgl., in Kessel von Kohle- oder Müllverbrennungsanlagen eingedüst werden sollen, eignen sich derartige aktivierte Phyllosilikate zur Beimengung ins Abwasser, wobei Kationen schon im Wasser gebunden werden und der gebildete Schlamm in den Feuerraum eingedüst wird.

Die aktivierten Phyllosilikate können, wie bereits eingangs erwähnt, auch oberflächenbehandelt werden, wobei beispielsweise ein Erhitzen auf Temperaturen von etwa 500°C durch Zerstörung von Silanolgruppen die Oberfläche hydrophob werden lässt. Ein Dotieren mit Schwefel erlaubt es, metallisches Quecksilber zu adsorbieren. Eine Mischung von etwa 30 Gew.-% sauer aktiviertem Bentonit und etwa 70 Gew.-% sauer aktiviertem Serpentin zeichnet sich durch eine Porenradialverteilung auf, welche der Porenradialverteilung einer Aktivkohle entspricht. Ein derartiges Gemisch zeigt ein Adsorptionsverhalten, das dem einer Aktivkohle entspricht, ohne die Nachteile der Aktivkohle, insbesondere die geringere Temperaturbeständigkeit, zu zeigen. Während der Aktivkohle zur Verringerung der Explosionsgefahr in der Regel Kalk zugesetzt werden musste, ist ein derartiger Kalkzusatz bei der erfindungsgemässen Mischung in keiner Weise erforderlich. Der Kalkzusatz zur Aktivkohle hat zu Problemen bei der Entsorgung im Feuerraum geführt, da Kalkzusatz eine Reihe von Korrosions- und Verschmutzungsproblemen beim Eindüsen von derartiger verbrauchter Aktivkohle, welche mit Kalk versetzt wurde, zur Folge hat. Derartige Kalkzusätze führen auf Grund der Kalziumsulfatbildung zu allem Überfluss beim Versuch, derartige Aktivkohle in Verbrennungsanlagen zu entsorgen, zu besonders harten Belägen, welche in der Folge nur schwer wieder entfernt werden können.

Die Vorteile der erfindungsgemässen Mischung werden anhand der in der Zeichnung dargestellten Diagramme näher erläutert. In dieser zeigen Fig. 1 den mittleren Porendurchmesser von sauer aktiviertem Serpentin, Fig. 2 den mittleren Porendurchmesser von sauer aktiviertem Bentonit, Fig. 3 den mittleren Porendurchmesser einer erfindungsgemässen Mischung von 70 Gew.-% sauer aktiviertem Bentonit und 30 Gew.-% sauer aktiviertem Serpentin und Fig. 4 den mittleren Porendurchmesser von Aktivkohle.

Ein Vergleich der mittleren Porendurchmesser des Gemisches aus sauer aktiviertem Bentonit und sauer aktiviertem Serpentin gemäss Fig. 3 und der mittleren Porendurchmesser von Aktivkohle gemäss Fig. 4 ergibt, dass durch geeignete Wahl der Anteile von unterschiedlichen sauer aktivierten Phyllosilikaten hier vergleichbare Porendurchmesserverteilungen erzielt werden können. Wenn zusätzlich derartige Gemische, welche als anorganische Gemische wesentlich höhere Temperaturstabilität als Aktivkohle aufweisen, auf Temperaturen von über 500°C erhitzt werden, ergibt sich durch die Vernetzung von Silanolen und die daraus resultierende Hydrophobie eine Steigerung des Porenvolumens um bis zu 30%. Da mit den erfindungsgemässen Gemischen bei wesentlich höheren Temperaturen als mit Aktivkohle gearbeitet werden kann, kann insgesamt bereits im Hochtemperaturbereich eine sichere Abtrennung von Schadstoffen gewährleistet werden.

Auch die Regelung der Zusatzmenge des Additives und damit der Additivdosierung lässt sich in besonders einfacher Weise dadurch erzielen, dass Natrium im Dampf gemessen wird. Je höher der Natriumanteil im Dampf, desto höher muss Additiv dosiert werden, um unmittelbar den gewünschten Effekt zu erzielen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verhindern der Korrosion und Verschmutzung der Wände und zur Verringerung der Schadstoffbelastung der Abgase von Verbrennungsanlagen, insbesondere Kohlekraftwerken oder Müllverbrennungsanlagen, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gemisch aus sauer aktivierten Phyllosilikaten in den Brennraum oder Abgasraum eingedüst und/oder als Adsorbens in Filtern eingesetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gemisch von sauer aktivierten Phyllosilikaten Abwässern zugemischt und gemeinsam mit den Abwässern in die Verbrennungsanlagen eingebracht bzw. eingedüst wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Stoffgemisch vor der Verwendung mit Schwefel beladen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Stoffgemisch bei Temperaturen von > 500°C behandelt wird, bevor es als Adsorbens eingesetzt wird.

5. Stoffgemisch für die wahlweise Verwendung als Korrosionsschutzmittel oder als Adsorbens für Schadstoffe, zum Verhindern der Korrosion und Verschmutzung von Wänden und zur Verringerung der Schadstoffbelastung von Abgasen von Verbrennungsanlagen, insbesondere Kohlekraftwerken oder Müllverbrennungsanlagen, dadurch gekennzeichnet, dass es aus einem Gemisch von sauer aktivierten Phyllosilikaten besteht.

6. Stoffgemisch nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Stoffgemisch aus wenigstens zwei sauer aktivierten Phyllosilikaten der Gruppe Bentonit, Serpentin, Glimmer, Feldspat besteht.

7. Stoffgemisch nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge der Mischungskomponenten im Hinblick auf definierte Po-

renvoluminaverteilungen gewählt wird und für höhere Mengen an zu adsorbierenden PCDD/PCDF ein höherer Anteil an Komponenten mit grösserem mittlerem Porenradius und für höhere Mengen an Hg-Chloriden ein höherer Anteil an Komponenten mit geringerem mittleren Porenradius eingesetzt wird.

5

8. Stoffgemisch nach einem der Ansprüche 5, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das mittlere Schüttgewicht des Stoffgemisches zur Ausbildung einer Wirbelschicht in den Abgasraum einer Verbrennungsanlage, insbesondere Müllverbrennungsanlage auf 450 g/l bis 600 g/l, eingestellt wird.

10

9. Stoffgemisch nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sauer aktivierter Bentonit in Mengen von weniger als 50 Gew.-%, vorzugsweise 10 bis 40 Gew.-%, enthalten ist.

15

10. Stoffgemisch nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass es sauer aktivierten Bentonit in Mengen von 25 bis 35 Gew.-% und sauer aktivierten Serpentin in Mengen von 65 bis 75 Gew.-% enthält.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

Sauer aktivierter Serpentin

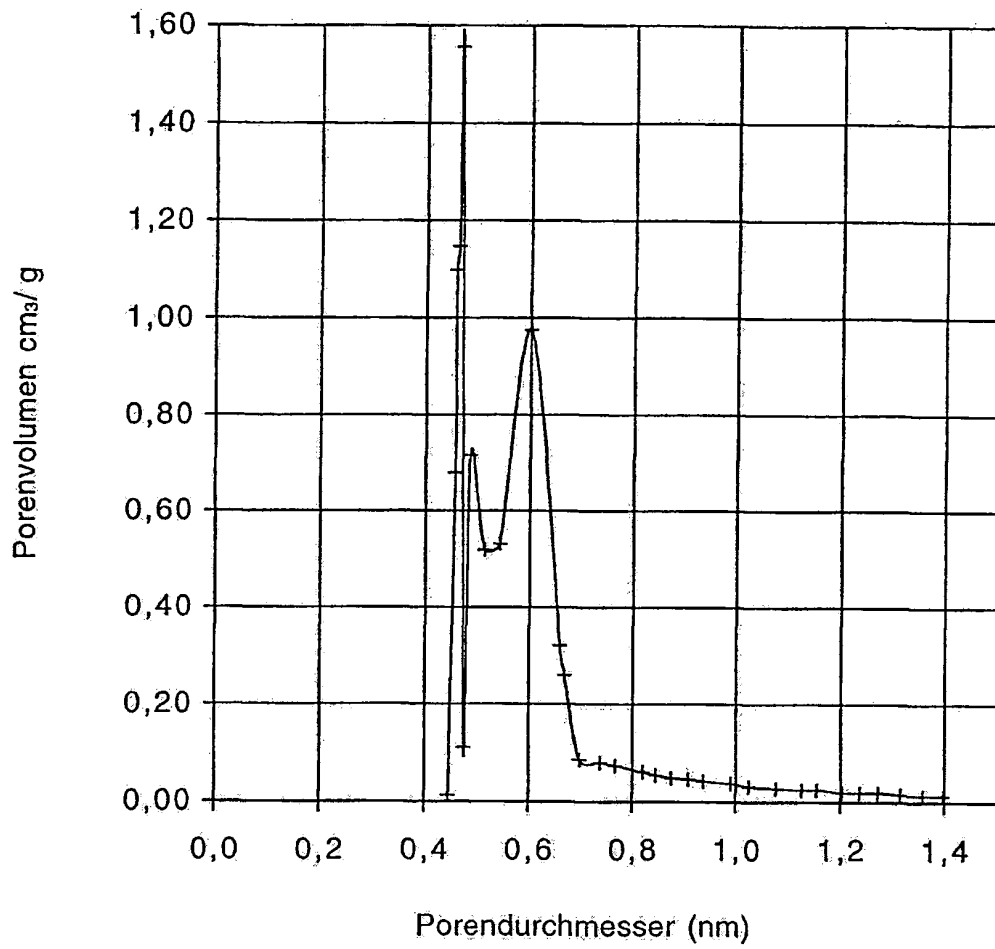


Fig.1

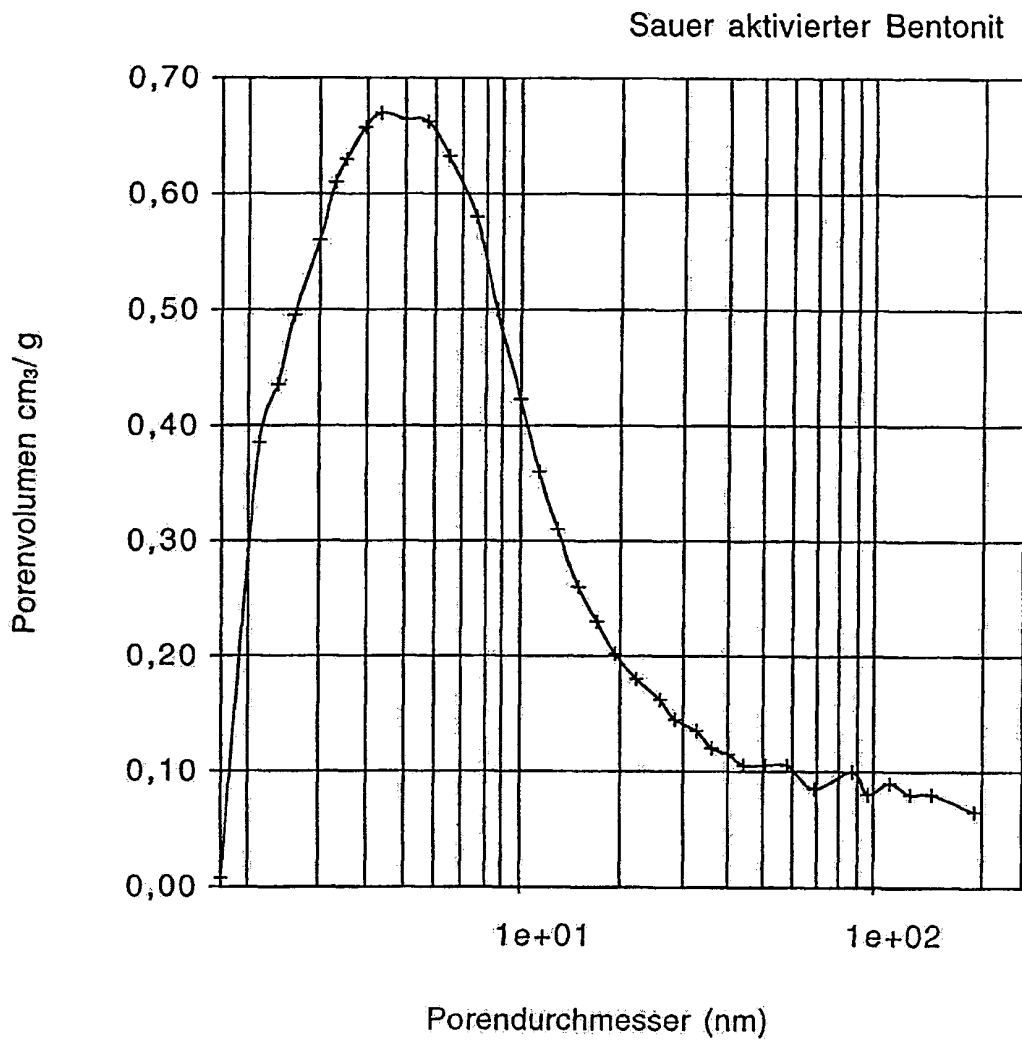


Fig.2

70% sauer aktivierter Bentonit
30% sauer aktivierter Serpentin

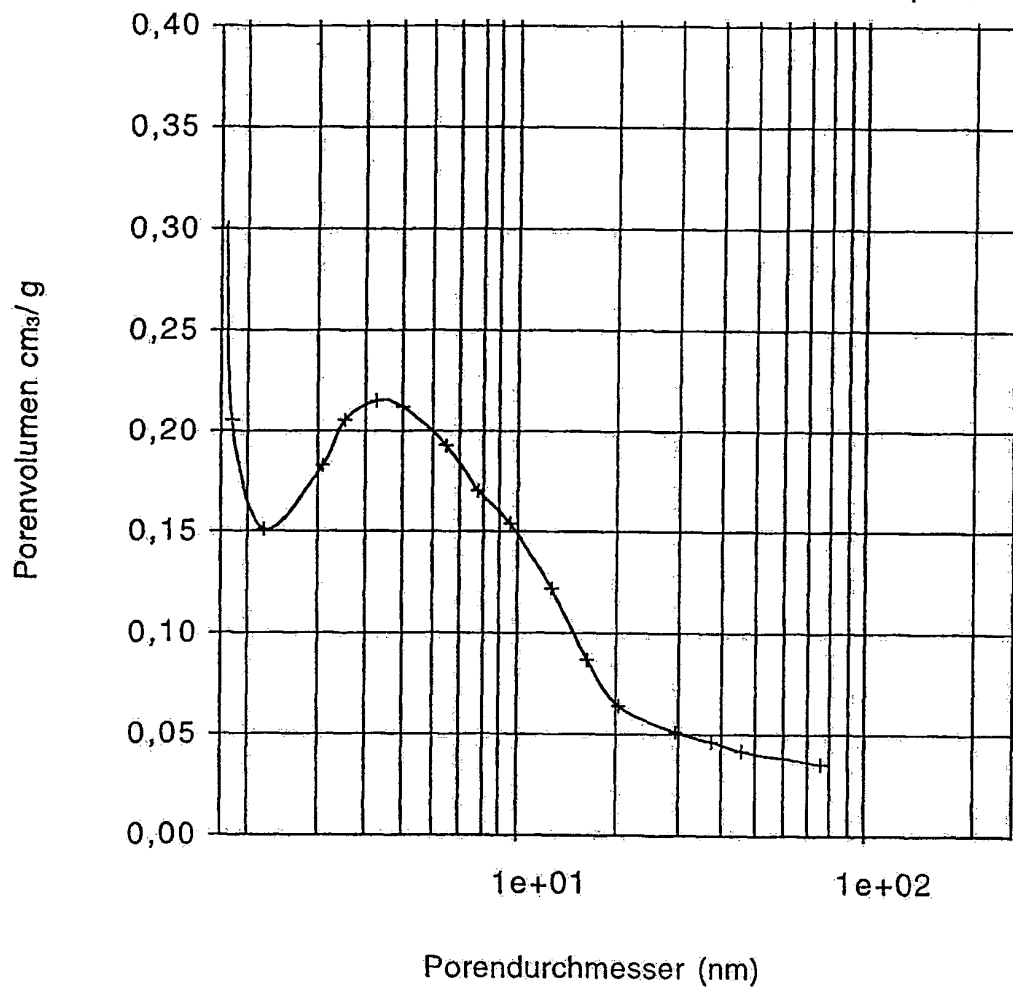


Fig.3

Aktivkohle

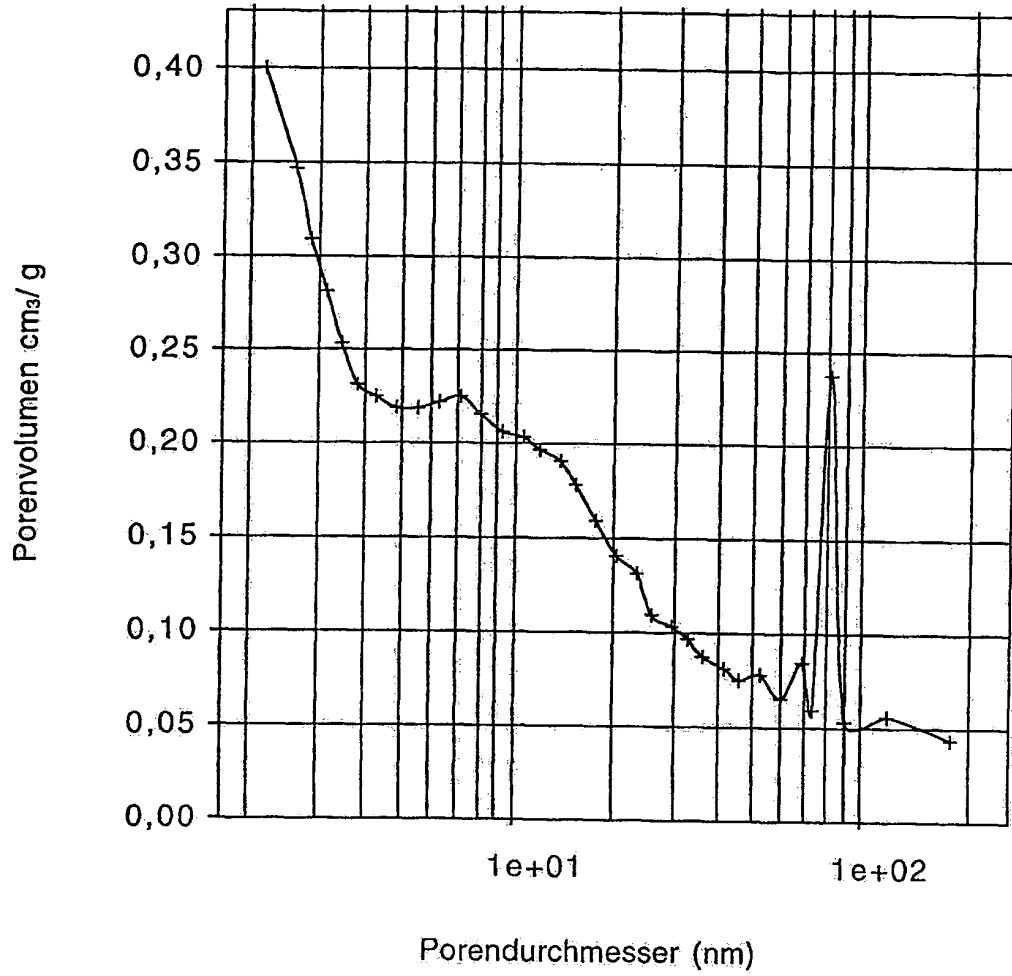


Fig.4