



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(51) Int. Cl.³: A 62 D

3/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT** A5

(11)

644 764

(21) Gesuchsnummer: 4834/80

(73) Inhaber:
Hubert von Blücher, Düsseldorf (DE)
Hasso von Blücher, Düsseldorf (DE)

(22) Anmeldungsdatum: 24.06.1980

(30) Priorität(en): 21.12.1979 DE 2951827

(72) Erfinder:
Hubert von Blücher, Düsseldorf (DE)
Hasso von Blücher, Düsseldorf (DE)

(24) Patent erteilt: 31.08.1984

(45) Patentschrift
veröffentlicht: 31.08.1984

(74) Vertreter:
Patentanwaltsbüro Eder & Cie., Basel

(54) Schutzmaterial gegen chemische Schadstoffe und kurzzeitige Hitzeeinwirkung sowie Verfahren zu seiner Herstellung.

(57) Es werden ein Schutzmaterial gegen chemische Schadstoffe und kurzzeitige Hitzeeinwirkung sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung angegeben, wobei sich das Schutzmaterial bei gleichem Gewicht durch ein erheblich verringertes Volumen sowie erhöhtes Adsorptionsvermögen und Schmiegsamkeit gegenüber herkömmlichen Materialien auszeichnet. Bei der Herstellung des Materials werden auf eine punktuell auf ein flexible Trägerschicht aufgebrachte, noch viskose Haftmasse Adsorberkörner aufgetragen und bei der anschliessenden Behandlung die Haftmasse von den Adsorberkörnern zu Tragsäulen hochgezogen, woraufhin man die Haftmasse erstarren lässt. Für den praktischen Einsatz verwendet man vorzugsweise ein mehrlagiges Material, wobei wenigstens eine Lage wie angegeben hergestellt ist. Wird z.B. ein mehrlagiges Material einer Stichflamme von 1000°C für 16 Sekunden ausgesetzt, so verkohlt die erste Lage und schützt die darunter liegenden vor Flammeinwirkung, wobei die Adsorptionsfähigkeit erhalten bleibt. Ein Schutzanzug aus derartigem Material schützt den Träger insbesondere vor Napalm und chemischen Schadstoffen.

PATENTANSPRÜCHE

1. Schutzmaterial gegen chemische Schadstoffe und kurzzeitige Hitzeeinwirkung, mit einer luftdurchlässigen, flexiblen Trägerschicht für Adsorberpartikel, dadurch gekennzeichnet, dass die Adsorberkörner auf auf mindestens einer Seite der Trägerschicht angebrachten Tragsäulen angeordnet sind.

2. Material nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Adsorberkörner kugelig ausgebildet sind.

3. Material nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerschicht ein Gewebe, vorzugsweise ein Textilgewebe, ist und die Tragsäulen aus einer erstarrten Haftmasse bestehen.

4. Material nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Haftmasse sich etwa wie folgt zusammensetzt:

Polymer aus Latex	100 Teile
Zinkoxid	5 Teile
Schwefel	1 Teil
Russ	3 Teile
Hartkaolin	10 Teile
Theocarbanilid	1 Teil
Zinkdibutylthiocarbamat	2 Teile.

5. Material nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Adsorberkörner auf den Tragsäulen aufgesteckt oder angeheftet sind.

6. Material nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerschicht aus einem Material besteht oder imprägniert ist, so dass es schwer entflammbar und öl- sowie wasserabweisend ist.

7. Material nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass es aus sieben Lagen besteht, wobei die erste Lage durch ein flammfestes, wasser- und ölabweisendes Gewebe, Gelege, Gewirk oder einen Vliesstoff aus Mineralfasern gebildet ist, die zweite Lage eine Bindschicht aus Kunststoff ist, die dritte Lage wieder durch ein Gewebe, Gelege, Gewirk oder einen Vliesstoff aus Mineralfasern gebildet ist, die vierte Lage aus der Haftmasse mit Tragsäulen besteht, die mit den Adsorberkörnern besetzt sind, die die fünfte Lage bilden, die sechste Lage durch die Adsorberkörner verbindende hyperboloide Haftbrücken gebildet ist, und die siebente Lage eine Deckschicht aus flammfestem, wasser- und ölabweisendem Gewebe, Gelege, Gewirk oder Vliesstoff ist.

8. Material nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Adsorberkörner kugelig ausgebildet sind und einen Durchmesser von etwa 0,5 mm aufweisen.

9. Material nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Lagen jeweils so dimensioniert sind, dass bei Einwirkung einer Stichflamme von etwa 1000 °C während etwa 16 Sekunden lediglich die erste Lage verkohlt, so dass die mechanische Stabilität durch die dritte Lage und die Adsorptionsfähigkeit der die fünfte Lage bildenden Adsorberkörner erhalten bleiben.

10. Material nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Haftmasse als Latizes Chloroprene, Naturlatex, Acrylate, Polyurethane, Silikonkautschuk, Fluoroprene, Polyvenylidene sowie Verbindungen und/oder Mischungen davon enthält.

11. Verfahren zur Herstellung eines Materials nach einem der Ansprüche 1 bis 10 unter Verwendung einer luftdurchlässigen, flexiblen Trägerschicht für Adsorberpartikel, dadurch gekennzeichnet, dass auf die Trägerschicht punktuell eine anfänglich viskose Haftmasse aufgebracht wird, auf die noch viskose Haftmasse die Adsorberkörner aufgetragen werden, und anschliessend dieses Halbprodukt mechanisch so behandelt wird, dass die Adsorberkörner die

Haftmasse zu Tragsäulen hochziehen, um dann die Haftmasse erstarren zu lassen.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Adsorberkörner auf die Haftmasse aufgestreut werden, vorzugsweise in einer Streudichte von etwa 4,5 Millionen Körnern pro m².

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbprodukt zur Bildung der Tragsäulen auf der Beschichtungsseite zunächst vakuumbeaufschlagt wird, um dann der normalen Atmosphäre ausgesetzt und getrocknet zu werden.

14. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbprodukt über Umlenkwalzen bewegt wird, so dass die Adsorberkörner unter dem Einfluss der dabei auftretenden Fliehkräfte die Haftmasse zu Säulen hochziehen.

15. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst der Haftmasse Adsorberkörner zugegeben werden, anschliessend die mit den Adsorberkörnern versehene Haftmasse mit einer Vorrichtung auf die Trägerschicht aufgestrichen wird, und dann dieses Halbprodukt über eine Luftdüse geführt wird, derart, dass die ausströmende Luft durch die Trägerschicht hindurch die Adsorberkörner unter Bildung der Tragsäule nach oben von der Trägerschicht abhebt.

16. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass man das Halbprodukt so wendet, dass die Trägerschicht oben liegt, anschliessend das Halbprodukt in dieser Lage durch eine Heissluftstation führt, in der es auf eine Temperatur erhitzt wird, dass die Haftmasse so erweicht, dass die Adsorberkörner unter Bildung von Tragsäulen nach unten sinken, um dann die Haftmasse erstarren zu lassen.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Tragsäulen ionisiert werden.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das ionisierte Material in einem Autoklav bei erhöhter Temperatur für eine vorbestimmte Zeit nachkondensiert wird.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Schutzmaterial gegen chemische Schadstoffe und kurzzeitige Hitzeeinwirkung, bestehend aus einer luftdurchlässigen, flexiblen Trägerschicht für Adsorberpartikel, insbesondere poröse Adsorberkörner, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Materials.

Bei der Konstruktion und Herstellung von Schutzausrüstungen, insbesondere bei Schutzanzügen im Humanbereich, aber auch im medizinischen Apparatebau, Klimaanlagen-, Wasseraufbereitungs- und Flugzeugbau besteht die Notwendigkeit, flexible Filter vorzusehen, die im Stande sind, den Durchlass giftiger oder schädlicher Dämpfe und Gase zu verhindern.

Dies bewirkt beispielsweise ein Material gemäss der DE-OS 2 400 827, das aus einem offenporigen, flexiblen Schaumstoffträger und von dessen Porenwänden getragenen Adsorberpartikeln besteht, wobei der besondere Vorteil des bekannten Materials darin liegt, dass es für durchströmende Gase einen nur verhältnismässig geringen Widerstand bietet.

Wo jedoch neben gas- oder dampfförmigen Schadstoffen auch solche in flüssiger Phase auftreten, war bisher zur Absorption von Flüssigstoffen ein schwerer Vorschaltfilter notwendig, so dass die eklatanten Vorteile des flexiblen Flä-

chenfilters, wie etwa geringes Gewicht, Biegsamkeit, geringe Wärmedämmung und hohe Ventilation, verloren gehen.

Insbesondere bei Schutzgarnituren, die bei erschwerten Umständen zum Einsatz kommen, wie etwa bei Bränden und Unglücksfällen in chemischen Industriewerken, war es bisher erforderlich, je nach den vorwiegend anfallenden Schadstoffen speziell hierfür geeignete Garnituren zu verwenden, wobei etwa ein leichter Schutzanzug, mit dem der Aufenthalt in dichtem Schadstoffnebel möglich sein soll, das oben genannte, an sich ausserordentlich vorteilhafte Material nur begrenzt verwenden konnte, da dieses Material flüssigen Schadstoffen gegenüber einen nur geringen Widerstand entgegengesetzt.

Zur Vermeidung dieser Nachteile wurde vorgeschlagen, das Material gemäss der DE-OS 2 400 827 so weiterzubilden, dass in den Poren des Schaumstoffträgers zusätzlich poröse Adsorberkörner eingelagert sind. Diese eingelagerten Adsorberkörner behindern den Gasstrom durch die Poren nicht in nennenswerter Weise, sind aber aufgrund ihrer Porosität im Stande, Flüssigkeit aufzusaugen und Schadstoffe zu absorbieren, wobei selbst dann, wenn praktisch alle Adsorberkörner mit Flüssigkeit vollgesogen sind, die Gasdurchlässigkeit nicht nennenswert beeinträchtigt wird (DE-OS 2 804 154).

Das aus der DE-OS 2 804 154 bekannte Material erlaubt nicht nur, flexible Luft- oder Gasfilter zu bauen, die eine beträchtliche Aufnahmefähigkeit für Flüssigkeiten aufweisen, sondern erlaubt zusätzlich, das Material auch als Flüssigkeitsfilter zu verwenden, da durch die Wirkung der porösen Adsorberkörner grundsätzlich die Verweilzeit von Flüssigkeitselementen erhöht wird. Ferner ist dieses Filtermaterial in der Lage, beträchtliche Mengen flüssigen Schadstoffes aufzunehmen und zurückzuhalten, ohne dass der flüssige Schadstoff den Filter durchdringt. Sowie flüssiger Schadstoff in den Adsorberkörnern verdampft, werden diese Dämpfe von den von den Porenwänden getragenen Adsorberpartikeln adsorbiert.

Nachteilig ist bei der bekannten Lösung gemäss der DE-OS 2 804 154 jedoch, dass der flexible Schaumstoffträger relativ viel Raum einnimmt, so dass das bekannte Filtermaterial relativ voluminös ist. Ferner beeinträchtigt der Schaumstoffträger auch die Schmiegsamkeit des bekannten Filtermaterials.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Material der eingangs genannten Art zu schaffen, das sich gegenüber dem Material gemäss der DE-OS 2 804 154 durch ein wesentlich geringeres Volumen bei gleichem Gewicht und erhöhter Adsorptionsleistung und Schmiegsamkeit auszeichnet.

Es ist ferner Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Materials zu schaffen.

Hinsichtlich des Erzeugnisses wird die gestellte Aufgabe dadurch gelöst, dass die Adsorberkörner auf mindestens einer Seite der Trägerschicht angebrachten Tragsäulen angeordnet sind.

Bezüglich des Verfahrens wird die gestellte Aufgabe dadurch gelöst, dass auf die Trägerschicht punktuell eine anfänglich viskose Haftmasse aufgebracht wird, auf die noch viskose Haftmasse die Adsorberkörner aufgetragen werden, und anschliessend dieses Halbprodukt mechanisch so behandelt wird, dass die Adsorberkörner die Haftmasse zu Tragsäulen hochziehen, um dann die Haftmasse erstarren zu lassen.

Das erfindungsgemässe Material ist ein extrem niedervolumiges Leichtfiltermaterial mit erstaunlicher Adsorptionskonetik bzw. -kapazität.

Vorzugsweise dient als Trägerschicht ein Textilgewebe, z. B. Baumwollgewebe, das in hohem Masse luftdurchlässig,

kochwäschefest und bei entsprechender Behandlung brandfest ist. Der Aufbau des erfindungsgemässen Materials soll so sein, dass es bei einem Unterdruck von 10 mm Quecksilbersäule 1500 Liter/m²s durchlässt.

5 Auf die Trägerschicht, deren eine Seite eine leicht aufgeraute Oberfläche aufweist, wird zunächst punktuell eine anfänglich viskose, vorzugsweise thermoplastische Haftmasse aufgebracht, auf die dann die Adsorberkörner aufgetragen, vorzugsweise aufgestreut werden. Anschliessend wird dieses
10 Halbprodukt so behandelt, dass die Adsorberkörner die Haftmasse zu Tragsäulen hochziehen. Dann lässt man die Haftmasse erstarren. Auf diese Art und Weise ist gewährleistet, dass z. B. Toxide in der Dampfphase von nahezu allen
15 Seiten her Zutritt zu den Adsorptionskörnern haben. Die Filterwirkung wird durch den erfindungsgemässen Aufbau des Materials erheblich gesteigert. Die Adsorberkörner bestehen aus organischen oder anorganischen Ausgangsmaterialien und weisen Einlagerungsräume für Additive wie Schwermetallkatalysatoren, Flammhemmer, antibakterielle
20 sowie fungizide Substanzen auf.

In der thermoplastischen Haftmasse werden ebenfalls vorzugsweise Additive eingebracht, die die Adsorptionstrakte des Adsorbens entlasten und ein Auswandern und damit vorzeitiges Altern des synergetischen Systems verhindern.

25 Die Haftmasse setzt sich vorzugsweise wie folgt zusammen:

Polymer aus Latex	100 Teile
Zinkoxid	5 Teile
Schwefel	1 Teil
30 Russ	3 Teile
Hartkaolin	10 Teile
Theocarbanilid	1 Teil
Zinkdibutylthiocarbamat	2 Teile

Ausserdem können Latizes verschiedener Provenienzen
35 verwendet werden, wie etwa Chloroprene, Naturlatex, Acrylate, Polyurethane, Silikonkautschuk, Fluoroprene, Polyvinylidene sowie Verbindungen oder Mischungen davon.

Als Additive erweisen sich nachfolgende Salze als hochwirksame Katalysatoren:

40 3 % auf Metall Cu (NO ₃) ₂ · 3 H ₂ = (Kupfernitrat)
1,5 % auf Metall Silber Nitrat
1 % auf Chrom Nitrat.

Die Ansätze für die Haftmasse haben vorzugsweise eine
45 Tropfzeit von 12 Stunden und sollten sofort und restlos zur Herstellung verbraucht werden.

Zur Vermeidung von Entflammung, Nachbrand und Nachglut kann dem Ansatz Eisenchlorid – in der Dampfphase gewonnen – zugesetzt werden, und zwar in einem Verhältnis 1 : 30. Die Agglomeration der Schwermetallzusätze mit der Flammwidrigkeitsausrüstung findet im Moment der Polymerisation des Haftaggregats statt, ohne dass dabei die Agglutination des Bindersystems vermindert wird. Es wird
50 darauf hingewiesen, dass auch andere Flammhemmer verwendet werden können, etwa auf Basis von Antimontrioxid, Brom, Bromkalium, Chlor, usw., wobei aber keine andere als die verwendete Rezeptur ein so ideales Gewicht/Nutzen-Verhältnis aufweist. Das Auswandern der Zusätze, eine Gefahr für die Lebenszeitverkürzung des Filters, kann dabei
55 vernachlässigt werden.

Zur Herstellung des erfindungsgemässen Materials wird nach einem ersten Verfahren eine Bahn aus Baumwollgewebe durch eine Vakuumkammer (– 10 Torr) bewegt, in der sie durch Rasterwalzenauftrag punktuell mit einer Haftmasse
65 beschichtet wird. Die Beschichtung erfolgt dabei so, dass etwa 1000 Punkte pro 10 cm² vorhanden sind. Das Baumwollgewebe besteht aus gefärbter Baumwolle mit einem eingestellten Glanzgrad und vorbestimmter IR-Remission.

Unmittelbar nach der Beschichtung der Gewebbahn werden auf die beschichtete Seite Adsorberkörner, vorzugsweise in Kugelform, aufgestreut, wobei die Streudichte etwa 4,5 Millionen Körner pro m² beträgt. Das Aufstreuen erfolgt durch ein Streusieb. Die Adsorberkörner sinken tief in die aufgeblähte Haftmasse ein, verbinden sich mit den Haftstoffen und erheben sich beim Verlassen der Vakuumkammer zu Säulenbegrönungen, sobald die Haftmasse in normaler Atmosphäre zusammenfällt. Anschliessend erfolgt eine Trocknung mittels Heissluft. Dann erfolgt eine Coronabehandlung mit Ionisierung der Säulenbegrönungen bzw. Adsorberkörner.

Nach einem zweiten Verfahren werden die Adsorberkörner mit Hilfe eines elektrostatischen Feldes auf die Haftmasse gestreut. Anschliessend wird die Trägerschicht mit Haftmasse und aufgestreuten Adsorberkörnern über mehrere Umlenkwalzen geführt, so dass die Adsorberkörner aufgrund der auftretenden Fliehkräfte unter Bildung der Tragsäulen von der Trägerschicht abheben. Die Adsorberkörner ziehen die Haftmasse zu Säulen hoch. Die Geschwindigkeit, mit der die mit Haftmasse und Adsorberkörnern versehene Trägerschicht (Halbprodukt) über Umlenkwalzen geführt wird, beträgt etwa 400 m/min. Anschliessend erfolgt die oben beschriebene Nachbearbeitung (Trocknung, Coronabehandlung).

Nach einem dritten Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemässen Materials werden die Adsorberkörner in die Haftmasse eingebracht und anschliessend die Haftmasse mit einem Rakel auf die Trägerschicht aufgestrichen. Dann wird dieses Halbprodukt über eine Breitschlitzdüse geführt, aus der ca. 3000 m³/min. Luft ausströmen. Durch die von unten durch die Trägerschicht hindurch nach oben hindurchströmende Luft werden die Adsorberkörner nach oben von der Trägerschicht abgehoben. Die Adsorberkörner nehmen dabei Haftmasse mit, wodurch die Tragsäulen gebildet werden.

Das vorteilhafteste Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemässen Materials ist dadurch gekennzeichnet, dass zunächst wieder durch das oben beschriebene Rasterwalzenverfahren Haftmasse auf die Trägerschicht, z. B. Baumwollgewebe, aufgebracht wird, anschliessend Adsorberkörner auf die Haftmasse aufgestreut werden und dann dieses Halbprodukt um 180° gewendet wird. Das gewendete Halbprodukt, mit der Haftmasse nach unten weisend, wird durch einen Heissluftkanal geführt, in dem bei 180 °C die Haftmasse so erweicht wird, dass die Adsorberkörner nach unten sinken, und zwar unter Mitnahme von viskoser Haftmasse. Dabei muss natürlich darauf geachtet werden, dass die Adsorberkörner nicht «abtropfen». Anschliessend lässt man die Haftmasse erstarren, so dass starre Tragsäulen für die Adsorberkörner entstehen. Das Wenden des Halbprodukts erfolgt vorzugsweise durch Umlenkung um eine Walze. Die Nachbearbeitung des so hergestellten Materials erfolgt wie oben beschrieben.

Das ionisierte Material wird vorzugsweise auf Kaulen in Autoklaven bei etwa 120 °C etwa 3 Stunden nachkonden-

siert und vor seiner Verwendung 3 Tage in sauberer Atmosphäre zum Druckausgleich der Adsorptionskörner gelagert. Hierbei ist ein frequentes Umwälzen der gefilterten Umgebungsluft sehr wichtig.

Die Adsorberkörner können, wie dargelegt, kugelig ausgebildet sein. Sie können aber auch jede andere Formgebung besitzen, z. B. pyramidenförmig, quaderförmig usw., sein.

Bei dem erfindungsgemässen Material sind also die Adsorberkörner auf einem Trägermaterial bzw. einer Trägerschicht mit Hilfe eines heissiegelfähigen Gels fixiert (Thermofixierung). Die Adsorberkörner weisen vorzugsweise einen Durchmesser von etwa 0,1–0,7 mm auf.

Es hat sich gezeigt, dass man mit dem erfindungsgemässen Material gegenüber dem in der DE-OS 2 804 154 beschriebenen Material eine erhöhte Adsorptionsleistung bei gleichem Flächengewicht erhält. Ferner ist aufgrund des Fehlens eines Schaumstoffträgers das Volumen des erfindungsgemässen Materials etwa 50% geringer als das gemäss der DE-OS 2 804 154.

Durch Wegfall des Polyurethan-Bestandteils des Schaumstoffträgers wird eine Hydrolyse verhindert. Ferner ist die Alterung erheblich geringer, d. h., die Haltbarkeit des erfindungsgemässen Materials ist erheblich höher als die des bekannten Materials.

Es hat sich auch gezeigt, dass das erfindungsgemässe Material äusserst schmiegsam ist. Das Brandverhalten ist ebenfalls erheblich verbessert, da ein Abtropfen geschmolzener Massen nicht mehr möglich ist. Es hat sich gezeigt, dass nach einer etwa 16 Sekunden langen Einwirkung einer Stichflamme von 1200 °C keine Beeinträchtigung der Filterleistung des erfindungsgemässen Materials eintrat.

Besonders gute Ergebnisse gegen die Einwirkung von chemischen Schadstoffen, Napalm oder Hitze erhält man mit einem mehrlagigen Material, das z. B. aus sieben Lagen besteht. Die erste Lage wird vorzugsweise durch ein flammfestes, wasser- und ölabweisendes Gewebe, Gelage, Gewirk oder einen Vliesstoff aus mineralischen Fasern gebildet. Die zweite Lage ist eine Bindschicht aus Kunststoff. Die dritte Lage ist wieder ein Gewebe, Gelege, Gewirk oder ein Vliesstoff, wobei die dritte Lage wie die erste Lage so behandelt ist oder aus solchen Stoffen besteht, dass sie flammfest sowie wasser- und ölabbestehend ist. Die vierte Lage besteht aus der oben beschriebenen Haftmasse bzw. aus den Tragsäulen aus Haftmasse. Die fünfte Lage wird durch die auf den Tragsäulen angeordneten Adsorberkörnern gebildet. Die sechste Lage besteht aus die Adsorberkörner verbindenden hyperboloiden Haftbrücken. Die siebente und bei einem Schutzanzug innerste Lage ist wie die erste Lage ausgebildet.

Dieses mehrlagige Material wurde 16 s lang mit einer Stichflamme mit einer Temperatur von etwa 1000 °C beaufschlagt. Dabei verkohlte nur die erste, bei einem Schutzanzug äusserste Lage. Die mechanische Festigkeit und Adsorptionsfähigkeit der fünften Lage bleiben voll erhalten.