

(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
28. Januar 2010 (28.01.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/010072 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
E02D 31/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/059322

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Juli 2009 (20.07.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 033 947.4 19. Juli 2008 (19.07.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): PRO GEO MONITORING GMBH [DE/DE]; Hauptstr. 2, 14979 Grossbeeren (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RÖDEL, Andreas [DE/DE]; Geschwister-Scholl-Allee 14, 14532 Kleinmachnow (DE). KOMMA, Norbert [AT/AT]; Liniengasse 46, A-1060 Wien (AT).

(74) Anwalt: MEYER, Hans-Joachim; Cohausz & Florack (24), Bleichstraße 14, 40211 Düsseldorf (DE).

(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, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

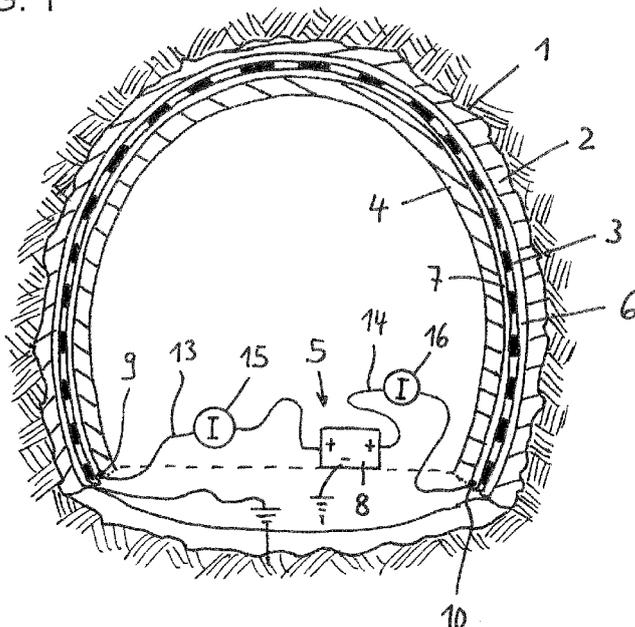
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CHECKING THE SEAL OF STRUCTURAL SEALS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DICHTHEITSPRÜFUNG VON BAUWERKSABDICHTUNGEN

FIG. 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining damaged or faulty points, in particular weak points with a reduced material thickness in a membrane-type, non-electrically conducting or only minimally conducting structural seal (3) having a high electrical dielectric strength in comparison to air, said seal provided with an electrically conducting layer (6) disposed inside or outside of the structural seal (3), said layer extending substantially over the full surface of the structural seal, there being an electric test voltage applied to said layer. To establish said damaged, faulty and/or weak points, another electrically conducting layer (7) that is electrically separated from the electrically conducting layer (6) by the structural seal and that extends substantially over the entire surface of the structural seal is used. The level of the test voltage between the electrically conducting layers (6, 7) under voltage is selected such that when at least one non-electrically conducting damaged, faulty and/or weak point is present in the structural seal, the electrical dielectric strength is surpassed and an electric arc or spark forms at the location of the damaged, faulty and/or weak point, wherein the test voltage is selected to be less than a destructive test voltage at which an electric breakdown would result in an undamaged and/or un-weakened structural seal corresponding to the structural seal (3) to be tested, thereby forming an elec-

tric arc or spark. Also claimed is a correspondingly designed structural seal (3).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/010072 A1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Feststellung von Schad- oder Fehlstellen, insbesondere von einer reduzierten Materialstärke aufweisenden Schwachstellen an einer membranartigen, elektrisch nicht oder nur geringfügig leitfähigen Bauwerksabdichtung (3), die im Vergleich zu Luft eine hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit aufweist und mit einer elektrisch leitfähigen Schicht (6) versehen ist, die innerhalb oder außerhalb der Bauwerksabdichtung (3) angeordnet ist, sich im Wesentlichen vollflächig über die Bauwerksabdichtung erstreckt und an die eine elektrische Prüfspannung angelegt wird. Zur Feststellung besagter Schad-, Fehl- und/oder Schwachstellen wird eine weitere elektrisch leitfähige Schicht (7) verwendet, die durch die Bauwerksabdichtung von der besagten elektrisch leitfähigen Schicht (6) elektrisch getrennt ist und sich im Wesentlichen vollflächig über die Bauwerksabdichtung erstreckt. Die Höhe der Prüfspannung zwischen den spannungsbeaufschlagten elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) wird dabei so gewählt, dass es bei Vorhandensein mindestens einer elektrisch nicht leitfähigen Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle in der Bauwerksabdichtung zu einem Überschreiten der elektrischen Durchschlagsfestigkeit und zur Ausbildung eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens am Ort der Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle kommt, wobei die Prüfspannung kleiner gewählt wird als eine zerstörende Prüfspannung, bei welcher sich an einer der zu prüfenden Bauwerksabdichtung (3) entsprechenden unbeschädigten und/oder ungeschwächten Bauwerksabdichtung ein elektrischer Durchschlag mit Ausbildung eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens ergeben würde. Ferner wird eine entsprechend ausgebildete Bauwerksabdichtung (3) beansprucht.

Verfahren und Vorrichtung zur Dichtheitsprüfung von Bauwerksabdichtungen

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Dichtheits-
prüfung von Bauwerksabdichtungen. Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren
zur Feststellung von Schad- oder Fehlstellen, insbesondere von eine reduzierte
Materialstärke aufweisenden Schwachstellen an einer membranartigen, elektrisch nicht
oder nur geringfügig leitfähigen Bauwerksabdichtung, die im Vergleich zu Luft eine hohe
10 elektrische Durchschlagsfestigkeit aufweist und mit einer elektrisch leitfähigen Schicht
versehen ist, die innerhalb oder außerhalb der Bauwerksabdichtung angeordnet ist, sich
im Wesentlichen vollflächig über die Bauwerksabdichtung erstreckt und an die eine
elektrische Prüfspannung angelegt wird, sowie eine membranartige Bauwerks-
abdichtung aus elektrisch nicht oder nur geringfügig leitfähigem Material, die im
15 Vergleich zu Luft eine hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit aufweist, mit einer
elektrischen Spannungsquelle aufweisenden Prüfvorrichtung zur Feststellung von Schad-
oder Fehlstellen, insbesondere eine reduzierte Materialstärke aufweisenden
Schwachstellen an der Bauwerksabdichtung, und einer elektrisch leitfähigen Schicht, die
innerhalb oder außerhalb der Bauwerksabdichtung angeordnet ist und sich im
20 Wesentlichen vollflächig über die Bauwerksabdichtung erstreckt.

Membranartige Abdichtungen haben bis heute einen erheblichen Anteil an den Bau-
werksabdichtungen. Aufgabe der Bauwerksabdichtungen ist es, das Bauwerk gegen
das Eindringen von Grundwasser, Erdfeuchte und Niederschlagswasser sicher zu
25 schützen und so Schäden an der Bausubstanz und Einschränkungen der Bauwerks-
nutzung über die gesamte Bauwerkslebensdauer hinweg sicher zu vermeiden.
Membranartige Abdichtungen bestehen in aller Regel aus bituminösen Massen oder aus
den heute verfügbaren Massenkunststoffen und werden industriell meist als bahnen-
artige Produkte zunehmend aber auch als auf der Baustelle flächig aufzutragende
30 Abdichtungsmassen hergestellt. Membranartige Bauwerksabdichtungen müssen, um
ihre Funktion zu erfüllen können, wasserdicht sein.

Produktmängel, fehlerhafte Verarbeitung, unsachgemäße Beanspruchungen sowie die
Einwirkung der Witterung können zu einem Verlust der Dichtheit bei membranartigen
35 Bauwerksabdichtungen führen, wodurch weit reichende Folgeschäden am Bauwerk
ausgelöst werden können, wenn die Beschädigung nicht

wird, um sie dann umgehend zielgerichtet zu beseitigen. Ein Großteil der Schäden an Gebäuden hat deshalb bis heute ihre Ursache in Schäden der Bauwerksabdichtungen. Hinzu kommt, dass eine systematische Schadensbeseitigung häufig selbst dann nicht möglich ist, wenn ein Abdichtungsschaden bekanntermaßen vorliegt, da die

5 Schadensstelle nicht lokalisiert werden kann und häufig unzugänglich eingebettet in der Baukonstruktion liegt. Abdichtungsschäden an membranartigen Bauwerksabdichtungen bergen daher ein erhebliches Schadenspotenzial.

Vor diesem Hintergrund gibt es bereits seit vielen Jahren Bestrebungen, Möglichkeiten zur Dichtheitsüberwachung und Leckageortung für Bauwerksabdichtungen bereit zu

10 stellen, mit dem Ziel, Abdichtungsschäden möglichst zeitnah erkennen und ortsgenau orten zu können. Die heute angebotenen Lösungen sind dabei durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet:

15 Systeme einfacher und herkömmlicher Art: bei diesen Systemen wird die Abdichtung so ausgebildet, dass auf der bestimmungsgemäß trockenen Seite der Abdichtung eine visuelle Kontrollmöglichkeit geschaffen wird, so dass eindringendes Leckagewasser im Zuge einer Inspektion erkannt werden kann. In Ergänzung mit elektrischen Feuchte-

20 detektoren ist die Überwachung auch automatisierbar. Nachteil dieser Bauweise ist, dass eine Leckageortung praktisch nicht möglich ist, ebenso kann Leckagewasser nicht von auftretendem Kondenswasser unterschieden werden, so dass eine eindeutige Leckageerkennung in der Praxis nicht möglich ist. Weiterer Nachteil ist, dass eine Überprüfung der Abdichtung stets daran gebunden ist, dass die Abdichtung im Zeitpunkt der Prüfung mit Wasser beaufschlagt ist oder bereits war.

25 Vakuumsysteme: Bei diesen Systemen wird die Abdichtung zweilagig so ausgebildet, dass zwischen den Dichtungslagen ein evakuierbarer Zwischenraum entsteht. Wird der Kontrollraum auf einen bestimmten Unterdruck evakuiert, so kann über den zeitlichen Druckanstieg auf die Dichtheit der Abdichtung geschlossen werden. Vorteil dieses

30 Systems ist es, dass die Dichtheit der Abdichtung auch unabhängig von der Wasserbeaufschlagung überprüft werden kann. Nachteil des Verfahrens sind die hohen Kosten für das Doppeldichtungssystem und die fehlende Möglichkeit im Falle einer Undichtheit die Schadenstelle zielgerichtet lokalisieren zu können.

Elektroresistive Systeme: Diese Systeme nutzen aus, dass membranartige Abdichtungen werkstofflich gesehen über einen hohen spezifischen elektrischen Widerstand und eine hohe Durchschlagsfestigkeit verfügen. Unterschiedliche Ausgestaltungen sind verfügbar:

5

Bei den potentiometrischen Verfahren wird entweder das elektrische Potenzialfeld auf der nassen Außenseite der Abdichtung oder in einer elektrischen Kontaktlage auf der bestimmungsgemäß trockenen Seite unterhalb der Abdichtung ermittelt, das sich bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen nasser Dichtungsaußenseite oder der Kontaktlage oder, falls eine solche nicht vorhanden ist, Gebäudemasse einstellt, indem ein elektrischer Strom durch die Leckagestelle hindurch getrieben wird. Diese Verfahren sind je nach technischer Umsetzung sehr leistungsfähig und ermöglichen teilweise die vollautomatische Dichtheitsüberwachung und die präzise Ortung von Leckagestellen.

10

15

Aus der Patentschrift DE 41 25 430 C2 ist eine Abdichtungsfolie mit einer innenliegenden leitfähigen Schicht bekannt, die beidseitig mit jeweils einer elektrisch nicht leitenden Schicht überdeckt ist. Kommt es bei dieser Abdichtung zu einer Leckage, so kann das Leckageereignis dadurch erkannt werden, dass der aus der leitfähigen Schicht gegen Erde oder das leitfähige Lagermedium abfließende Strom gemessen wird.

20

Nachteil dieser Verfahren ist, dass eine Leckageerkennung grundsätzlich nur möglich ist, wenn die Abdichtung mit Wasser oder feuchtem Abdeckmaterial beaufschlagt ist und sich durch eindringende Feuchtigkeit ein leitfähiger Pfad in der Leckagestelle ausgebildet hat. Erfolgt die Messung von der Dichtungsoberseite aus, so muss zur Überprüfung der Abdichtung die gesamte Abdichtungsfläche mit dem Prüfgerät manuell abgetastet werden. Dies erfordert erhebliche Zeit und führt nur bei ausreichender Fachkenntnis zu zuverlässigen Ergebnissen.

25

30

Dieser Nachteil wird bei den Hochspannungsprüfverfahren dadurch vermieden, dass mit einer beweglichen Prüfelektrode, einem sogenannten Funkenbesen, eine Hochspannung auf die frei liegende, dem Bauwerk abgewandte Seite der Abdichtung aufgebracht wird, deren Gegenpol entweder die geerdete Baukonstruktion ist, auf der die Abdichtung verlegt ist, oder eine zusätzliche leitfähige Schicht auf der dem Bauwerk zugewandten Seite unmittelbar unterhalb oder hinter der Abdichtung, wobei die Schicht

entweder lose unterhalb oder hinter der Abdichtung liegt oder wie in der Patentanmeldung WO 00/01895 A1 beschrieben, fest mit der Abdichtung verbunden ist. Wird nun die Prüfelektrode über eine schadhafte Stelle der Abdichtung geführt, so ist dort die Durchschlagsfestigkeit gegenüber der intakten Abdichtungsfläche herabgesetzt, weil
5 entweder die Materialstärke beschädigungsbedingt geringer ist, als bei intakter Abdichtung oder weil sogar nur ein Luftspalt vorhanden ist, der gegenüber dem Abdichtungswerkstoff eine deutliche geringere Durchschlagsfestigkeit aufweist. In Folge dieser Umstände wird bei Überstreichen einer Schadstelle ein Funken gezündet. Dies wird von dem Gerät detektiert und so eine Leckage sicher erkannt. Um mit nur
10 geringeren Prüfspannungen arbeiten zu können, wird bei einigen angebotenen Systemen die Prüfung anstelle eines Funkenbesens mit einer Wassersprühvorrichtung ausgeführt, so dass die Spannung über den Wasserstrahl auf die Dichtung aufgebracht wird, dass dann auch in kapillarartige Schadstellen eindringt und so eine leitfähige Verbindung an der Schadstelle herstellt.

15
Nachteil der bekannten Hochspannungsprüfverfahren ist, dass zur Durchführung der Prüfung die Abdichtung vollkommen frei liegen muss und dass, bei Verwendung in Verbindung mit Wasser als Prüfmittel, es durch ablaufendes Wasser zu einer elektrischen Verbindung über den Rand der Abdichtung kommen kann, wodurch die
20 Messergebnisse verfälscht werden. Da die Abdichtung zur Prüfung vollständig mit der Prüfelektrode abgetastet werden muss, ist das Verfahren sehr aufwändig, insbesondere wenn große oder schlecht zugängliche Abdichtungen überprüft werden müssen. Wird bei der Prüfung nicht die gesamte Fläche mit der Prüfelektrode abgestrichen, was nicht systematisch überwachbar ist, so besteht die Gefahr von Fehlmessungen. Die bekannten
25 Hochspannungsprüfungen sind damit nicht geeignet, um Bauwerksabdichtungen systematisch auch während der nachlaufenden Bautätigkeiten zu prüfen, da hier häufig eine Zugänglichkeit der Abdichtung nicht mehr gegeben ist.

30
Insbesondere bei Tunnelabdichtungen stellen Abdichtungsschäden ein sehr großes Risiko dar, denn Abdichtungsschäden werden in aller Regel erst anhand von Wassereintritten in den fertigen Tunnel erkannt, da zunächst die Wasserhaltung eingestellt werden muss, bevor sich der hydrostatische Belastungsdruck auf die Abdichtung einstellt und die Abdichtung erstmalig mit Wasser beaufschlagt wird. Bedingt durch den Druckaufbau besteht hier ein weiteres Beschädigungsrisiko für die Abdichtung, denn mit

steigendem Außendruck wird die Abdichtung mehr und mehr gegen die Betoninnenschale gedrückt. Sind Bereiche der Innenschale nicht vollständig ausbetoniert, so wird die Dichtung auf die freiliegende Bewehrung der Innenschale gedrückt und perforiert, so dass weitere Beschädigungsrisiken bestehen. Verschärft wird das Problem dabei
5 dadurch, dass das Wasser nach aller Erfahrung nicht dort aus der Betoninnenschale heraustritt, wo sich tatsächlich auch die Leckage in der Abdichtung befindet, sondern das Wasser sucht seinen Weg hinter der Betoninnenschale, bis es an undichten Stoßfugen von Tunnelsegmenten oder durch Risse im Beton in die Tunnelröhre hinein austritt.

10 Da die Abdichtung nicht einsehbar hinter der Tunnelinnenschale verborgen liegt und keine oder nur diffuse Informationen über die Position der Leckage vorhanden sind, erfordert die Sanierung von Leckagen an Tunnelabdichtungen bis heute großflächige und teure Injektionsmaßnahmen, die trotz des hohen Aufwandes nicht selten ohne
15 Erfolg bleiben, so dass zahlreiche Tunnel trotz Sanierung undicht bleiben und dauerhaft deutlich erhöhte Unterhaltungskosten erzeugen. So berichtet die Schweizer Eidgenössische Materialprüfungsanstalt (EMPA) in ihrem Jahresbericht 2004 über die Ergebnisse eines gemeinsam mit dem Schweizer Bundesamt für Straßen (Astra) durchgeführten Forschungsvorhabens, bei dem insgesamt 63 Schweizer Tunnel auf die
20 Wirksamkeit ihrer Abdichtungssysteme hin untersucht worden sind. Danach waren selbst nach der Sanierung festgestellter Undichtheiten durch Injektionsmaßnahmen 13 Tunnel weiterhin als undicht einzustufen, davon allein 10 druckwasserhaltende Tunnel. Vor dem Hintergrund dieser ernüchternden Ergebnisse und eingedenk der immensen Kosten für die (nicht selten erfolglose) Sanierung und Unterhaltung undichter Tunnel
25 schließt der Bericht mit dem eindringlichen Appell, alles zu unternehmen, Tunnelabdichtungen von Anfang an dicht herzustellen.

30 Dieses Ziel ist aber nur erreichbar, wenn die Qualität der Abdichtung und dabei insbesondere ihre Dichtheit baubegleitend und zeitnah zu den einzelnen Phasen der Bauwerkserrichtung prüfbar ist, Schäden anhand belastbarer und objektiver Messergebnisse systematisch feststellbar, festgestellte Schäden auf einfache Weise lokalisierbar sind und Mängel oder Schwachstellen der sonstigen Bauausführung, die rückgekoppelt zu Schäden an der Bauwerksabdichtung führen können, wie z.B. unvollständige

Betonagen, ebenfalls systematisch erkannt und durch geeignete Maßnahmen beseitigt werden, bevor ein Abdichtungsschaden als Folgeschaden entstanden ist.

5 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Dichtheitsprüfung von membranartigen, elektrisch nicht oder nur geringfügig leitfähigen Bauwerksabdichtungen bereit zu stellen, das eine vollflächige Dichtheitsprüfung derartiger Abdichtungen ermöglicht, unabhängig davon, ob die Abdichtung an einer Unterlage anliegt oder unter- und/oder oberseitig frei liegt, mit einer Bewehrung überbaut ist oder unzugänglich vollständig in der Baukonstruktion eingebettet ist. Das 10 angestrebte Verfahren soll dabei eine Dichtheitskontrolle auch dann ermöglichen, wenn die zu prüfende Abdichtung noch nicht mit feuchten Materialien überbaut oder sich in Kontakt mit Wasser befindet. Insbesondere soll das angestrebte Verfahren die örtliche Eingrenzung oder vorzugsweise Lokalisierung von vorhandenen Schadstellen in der zu prüfenden Abdichtung ermöglichen. Ebenso liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, 15 eine membranartige Bauwerksabdichtung zu schaffen, die mit einer entsprechenden Prüfvorrichtung versehen ist, welche die Durchführung des angestrebten Verfahrens gestattet.

20 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. durch eine Bauwerksabdichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 16 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient der Feststellung von Schad- oder Fehlstellen, insbesondere von einer reduzierten Materialstärke aufweisenden Schwachstellen an einer membranartigen, elektrisch nicht oder nur geringfügig leitfähigen Bauwerksabdichtung, 25 die im Vergleich zu Luft eine hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit aufweist. Die Bauwerksabdichtung ist dabei mit einer (ersten) elektrisch leitfähigen Schicht versehen, die innerhalb oder außerhalb der Bauwerksabdichtung angeordnet ist und sich im Wesentlichen vollflächig über die Bauwerksabdichtung erstreckt. Zur Feststellung besagter Schad-, Fehl- und/oder Schwachstellen wird erfindungsgemäß eine weitere 30 elektrisch leitfähige Schicht verwendet, die durch die Bauwerksabdichtung von der besagten elektrisch leitfähigen Schicht elektrisch getrennt ist und sich ebenfalls im Wesentlichen vollflächig über die Bauwerksabdichtung erstreckt. An die beiden elektrisch leitfähigen Schichten wird eine elektrische Prüfspannung angelegt, deren Höhe so gewählt wird, dass es bei Vorhandensein (mindestens) einer elektrisch nicht

leitfähigen Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle in der Bauwerksabdichtung zu einem Überschreiten der elektrischen Durchschlagsfestigkeit und zur Ausbildung eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens am Ort der Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle kommt, wobei die Prüfspannung kleiner gewählt wird als eine zerstörende Prüfspannung, bei welcher sich an einer der zu prüfenden Bauwerksabdichtung entsprechenden unbeschädigten und/oder ungeschwächten Bauwerksabdichtung ein elektrischer Durchschlag mit Ausbildung eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens ergeben würde.

5

10

Unter dem Ausdruck „nur geringfügig leitfähig“ wird im vorliegenden Kontext eine Abdichtung bzw. ein Dichtungsmaterial mit einem elektrischen Widerstand größer 10^{10} Ohm cm verstanden.

15

Unter dem Ausdruck „im Wesentlichen vollflächig“ ist zu verstehen, dass sich die betreffende elektrisch leitfähige Schicht zumindest über den auf Dichtheit zu prüfenden Flächenbereich der Bauwerksabdichtung bzw. Kunststoffdichtungsbahn erstreckt. Beispielsweise kann ein mit einer benachbarten Kunststoffdichtungsbahn zu verschweißender Randbereich der Kunststoffdichtungsbahn gegebenenfalls auch ohne elektrisch leitfähige Schicht ausgebildet sein. Erfindungsgemäß sind vorzugsweise mindestens 90 % der Fläche der zu prüfenden flächigen Bauwerksabdichtung bzw. Kunststoffdichtungsbahn mit den leitfähigen Schichten vollflächig bedeckt.

20

25

Das erfindungsgemäße Verfahren kommt ohne die Nachteile der eingangs beschriebenen Prüfverfahren des Standes der Technik aus. Es ermöglicht eine vollflächige Dichtheitsprüfung von membranartigen, elektrisch nicht oder nur geringfügig leitenden Bauwerksabdichtungen, ohne dass die betreffende Abdichtung frei liegen muss und ohne dass sich die Abdichtung in dem zu prüfenden Bereich unter Einwirkung von Feuchtigkeit oder Wasser befinden muss. Gleichwohl ist die Prüfbarkeit der Abdichtung bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auch bei diesen Randbedingungen möglich.

30

Weiterhin ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren auch die örtliche Eingrenzung von vorhandenen Schadstellen in der zu prüfenden Abdichtung. Durch Kombination mit

fest installierten potentiometrischen Verfahren kann dann weiterhin auch eine Überwachung der Abdichtung beim fertigen, wasserbeaufschlagten Tunnelbauwerk erfolgen.

5 Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die an die elektrisch leitfähigen Schichten angelegte Prüfspannung so gewählt, dass sie höchstens 80% eines elektrischen Spannungswertes beträgt, bei welchem sich an einer der zu prüfenden Bauwerksabdichtung entsprechenden unbeschädigten und/oder ungeschwächten Bauwerksabdichtung ein elektrischer Durchschlag mit Ausbildung eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens ergeben würde. Auf diese Weise werden
10 durch Materialabtrag bzw. Schichtdickenverringerung verursachte Schwachstellen der zu prüfenden Abdichtung zuverlässig detektiert, andererseits wird sichergestellt, dass intakte Flächenbereiche der Abdichtung, welche eine geforderte Solldicke aufweisen, durch die elektrische Spannungsbeaufschlagung nicht zerstört werden.

15 In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird nicht mit einer festen Prüfspannung gearbeitet, sondern die Prüfspannung wird stetig oder schrittweise erhöht und/oder es wird in mehreren Prüfindervallen geprüft, wobei die Prüfspannung in dem jeweils nachfolgenden Prüfindervall erhöht wird, bis die der intakten Abdichtung entsprechende Mindestprüfspannung erreicht wird. Anhand der jeweilig tatsächlich erreichten Durchschlagspannungen können dann unterschiedliche Schadensbilder (z.B. Materialdickenreduzierung oder durchgehende Leckagen) unterschieden werden. Weiterhin kann es vorteilhaft sein, die Prüfspannung für eine gewisse Zeitdauer aufrecht zu erhalten, da insbesondere bei sehr kleinen Beschädigungen es mitunter ein gewisse Zeit dauern
20 kann, bis sich an einer Schadstelle unter Einwirkung der Prüfspannung und des daraus resultierenden elektrischen Feldes ein Zündkanal ausbildet über den sich dann erst eine Funkenentladung entstehen kann.
25

In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird die zu prüfende Abdichtung vorzugsweise in einzelne Prüfabschnitte unterteilt, wobei die Unterteilung dadurch
30 erzielt werden kann, dass entweder eine der leitfähigen Schichten oder auch beide leitfähigen Schichten so segmentiert werden, dass eine abschnittweise Spannungsbeaufschlagung einzelner Prüfabschnitte der zu kontrollierenden Abdichtung ermöglicht wird, dies günstiger Weise so, dass jeweils ein Dichtungsbahnensegment auch ein Prüfsegment bildet.

Um eine einfache und baustellengerechte Applikation des erfindungsgemäßen Prüfverfahrens zu ermöglichen, werden in einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens die zur flächigen Prüfung erforderlichen leitfähigen Schichten und die zu prüfende Abdichtung als vorgefertigtes mehrschichtiges Sandwichsystem aus leitfähigen Schichten und mindestens einer elektrisch isolierenden Dichtungsschicht ausgebildet, wobei die leitfähigen Schichten in geeigneter Weise, z.B. durch Kleben, Laminieren, Kaschieren, Koextrudieren, Aufdampfen oder Beschichten oder Kombinationen dieser Verfahren mit der Abdichtung partiell oder vollflächig verbunden sind. Die leitfähigen Schichten weisen dabei vorzugsweise einen Oberflächenwiderstand von weniger als 10^6 Ohm auf und einen spezifischen Widerstand von weniger als 10^5 Ohm cm auf.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass die Prüfspannung über mindestens zwei räumlich voneinander beabstandete Einspeisestellen an eine der elektrisch leitfähigen Schichten angelegt wird, dass die Stromflüsse oder damit korrespondierende elektrische Größen, insbesondere die elektrische Spannung, bei einem elektrischen Durchschlag an einer Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle gemessen werden, und dass anhand des Verhältnisses der Stromflüsse oder korrespondierenden elektrischen Größen, insbesondere Spannungen, der Ort der Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle ermittelt wird. Auf diese Weise lässt sich der Ort einer Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle der Abdichtung relativ genau ermitteln, auch wenn die zu prüfende Abdichtung nicht oder nur teilweise zugänglich ist.

Die Messung des elektrischen Spannungsverhältnisses erfolgt dabei vorzugsweise über eine oder mehrere Messsonden, die ohne galvanische Verbindung indirekt mit einer der leitfähigen Schichten kapazitiv gekoppelt werden. Hierdurch ist eine einfache und flexible Ankoppelung der Messsonden möglich. Die Messsonden können so auf einfache Weise umgesetzt werden, so dass der Ort einer Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle der Abdichtung gegebenenfalls schneller ermittelt bzw. eingrenzt werden kann. Die Messung des elektrischen Spannungsverhältnisses kann jedoch auch über Messsonden erfolgen, die unmittelbar mit einer der leitfähigen Schichten gekoppelt sind.

Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass eine elektrisch leitfähige Auflagerschicht der Bauwerksabdichtung, beispielsweise ein

feuchter Untergrund, insbesondere eine noch relativ feuchte oder abgebundene Betonschicht, als eine der elektrisch leitfähigen Schichten genutzt wird. In diesem Fall wird auf die Herstellung einer zweiten bzw. zusätzlichen elektrisch leitfähigen Schicht verzichtet und statt dessen eine ohnehin vorhandene elektrisch leitfähige Auflager-
5 schicht genutzt, was eine entsprechende Kosteneinsparung ermöglicht. Beispielsweise kann bei einem Flachdach die relativ glatte Betondecke als elektrisch leitfähige Auflagerschicht genutzt werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch
10 gekennzeichnet, dass zumindest die auf der zugänglichen Seite der Bauwerksabdichtung angeordnete elektrisch leitfähige Schicht mit einer elektrisch nicht leitenden Schicht, vorzugsweise einer hellfarbigen, elektrisch isolierenden Kunststoffolie versehen wird. Diese elektrisch nicht leitende Schicht schützt vor Stromschlägen. Eine hellfarbige Ausführung dieser Schicht wirkt sich günstig auf die Sichtbedingungen von
15 Personen bei Arbeiten innerhalb bzw. im Bereich der Bauwerksabdichtung aus und dient weiterhin der visuellen Erkennung von mechanischen Beschädigungen.

Hinsichtlich einer möglichst einfachen und schnellen Applikation einer gattungsgemäßen Bauwerksabdichtung ist es vorteilhaft, wenn die Bauwerksabdichtung zusammen mit
20 den elektrisch leitenden Schichten sowie der elektrisch isolierenden Schicht (Kunststoffolie) als sandwichartige Verbundfolie oder Verbunddichtungsbahn beispielsweise durch Koextrusion oder Kaschieren industriell vorgefertigt wird. Insbesondere bei Koextrusion der verschiedenen Schichten kann es mitunter zu Fehlstellen in der zwischengeordneten oder eingebetteten elektrisch leitfähigen Schicht kommen, die eine zuverlässige
25 Feststellung von Schad- und/oder Fehlstellen an der später zu prüfenden Bauwerksabdichtung ausschließen können. Um eventuelle Fehlstellen in der gegebenenfalls nicht sichtbaren elektrisch leitfähigen Schicht zu ermitteln, sieht eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens vor, dass die vollflächige Ausbildung der zumindest auf der zugänglichen Seite der Bauwerksabdichtung angeordneten elektrisch leitfähigen
30 Schicht und/oder die vollflächige Ausbildung der auf der Rückseite der Bauwerksabdichtung angeordneten elektrisch leitfähigen Schicht mittels elektrischer Kapazitätsmessung geprüft wird.

Die erfindungsgemäße membranartige Bauwerksabdichtung besteht aus elektrisch nicht leitfähigem Material, so dass sie im Vergleich zu Luft eine hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit aufweist. Sie ist mit einer elektrischen Spannungsquelle aufweisenden Prüfvorrichtung zur Feststellung von Schad- oder Fehlstellen, insbesondere eine reduzierte Materialstärke aufweisenden Schwachstellen an der Bauwerksabdichtung versehen. Des Weiteren ist die erfindungsgemäße Bauwerksabdichtung mit einer (ersten) elektrisch leitfähigen Schicht ausgestattet, die innerhalb oder außerhalb der Bauwerksabdichtung angeordnet ist und sich im Wesentlichen vollflächig über die Bauwerksabdichtung erstreckt. Erfindungsgemäß ist die Bauwerksabdichtung mit einer weiteren elektrisch leitfähigen Schicht ausgestattet, die durch die Bauwerksabdichtung von der besagten (ersten) elektrisch leitfähigen Schicht elektrisch getrennt ist und sich im Wesentlichen vollflächig über die Bauwerksabdichtung erstreckt. Die Prüfvorrichtung weist dabei Mittel zur Einstellung der Höhe der über die elektrisch leitfähigen Schichten an der Bauwerksabdichtung anlegbaren Prüfspannung auf, so dass die Prüfspannung von Null oder einem Minimalwert größer Null stetig oder schrittweise bis zu einem elektrischen Spannungswert erhöhbar ist, der um einen Sicherheitsbetrag reduziert unterhalb einer zerstörenden Spannung liegt, bei welcher sich an einer der zu prüfenden Bauwerksabdichtung entsprechenden unbeschädigten und/oder ungeschwächten Bauwerksabdichtung ein elektrischer Durchschlag mit Ausbildung eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens ergeben würde, und um einen Sicherheitsbetrag höher ist, als die der Durchschlagsfestigkeit einer der Bauwerksabdichtungsdicke entsprechenden Luftstrecke ist.

Weitere bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung sind in den Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung angegeben. Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer mehrere Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt eines Tunnels mit einer erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung; und

Figuren 2 bis 6 jeweils einen Abschnitt von verschiedenen erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtungen in vergrößerter Querschnittansicht.

Das Gewölbe des in Fig. 1 dargestellten Tunnels wurde unmittelbar nach Fertigstellen des Gebirgsausbruchs 1 mit Spritzbeton 2 und Stahleinlagen bedeckt. Der Vortrieb eines solchen Tunnels erfolgt üblicherweise diskontinuierlich in axialen Teilabschnitten. Der armierte Spritzbeton 2 bildet ein Außengewölbe, dessen Innenfläche mit einer
5 Bauwerksabdichtung 3 bedeckt wird. Die Bauwerksabdichtung 3 soll ein Eindringen von Wasser bzw. Feuchtigkeit aus dem Gebirge im Bereich des Außengewölbes 2 verhindern. Auf die Bauwerksabdichtung 3 folgt innenseitig ein Innengewölbe 4 aus Beton, das nachfolgend als Innenschale bezeichnet wird. Bevor das Innengewölbe bzw. die Innenschale 4 betoniert wird, wird die Bauwerksabdichtung 3 auf Dichtheit geprüft.
10 Hierzu ist die Bauwerksabdichtung 3 mit einer Prüfvorrichtung 5 zur Feststellung eventuell vorhandener Schad- oder Fehlstellen versehen.

Die zu prüfende Bauwerksabdichtung 3 ist eine Abdichtung mit einem werkstoffbedingt hohen Isolationswiderstand und einer im Vergleich zu Luft hohen elektrischen
15 Durchschlagsfestigkeit. Über zwei elektrisch leitfähige Schichten 6, 7, die erfindungsgemäß entweder auf den beiden Außenseiten der zu prüfenden Abdichtung 3 anliegend angeordnet sind oder bei der eine leitfähige Schicht 6 oder 7 auf einer Außenseite der Abdichtung 3 anliegend angeordnet ist und sich eine leitfähige Schicht 7 oder 6
20 innerhalb der zu prüfenden Abdichtung 3 befindet oder bei der sich beide leitfähige Schichten 6, 7 innerhalb der zu prüfenden Abdichtung 3 befinden, so dass die leitfähigen Schichten 6, 7 konstruktiv immer durch eine Schicht aus nicht leitendem Dichtungsmaterial, nämlich der zu prüfenden Abdichtung 3 bzw. Dichtungsbahn elektrisch voneinander getrennt werden, wird unter Verwendung einer geeigneten
25 Spannungsquelle 8 eine erdpotenzial gebundene oder erdpotenzialfreie Prüfspannung auf die zu prüfende Abdichtungsfläche aufgebracht, so dass an jeder Stelle zwischen den leitfähigen Schichten 6, 7 ein elektrisches Feld senkrecht zu der zu prüfenden flächigen Abdichtung (Dichtungsbahn) 3 entsteht. Dabei kann es sich je nach verwendeter Spannungsquelle 8 um ein elektrisches Gleich- und/oder Wechselfeld handeln. Um die flächige Abdichtung 3 auf Beschädigungen zu überprüfen, wird nun
30 erfindungsgemäß die Prüfspannung zwischen den mit Spannung beaufschlagten leitfähigen Schichten 6, 7 so gewählt, dass bei intakter Abdichtungsbahn 3 die Durchschlagsfestigkeit an keiner Stelle der Abdichtung 3 überschritten wird, wohl aber an den Stellen, an denen die Materialstärke der spannungsbeaufschlagten Abdichtungsbahn 3 beschädigungsbedingt gegenüber dem unbeschädigten Zustand herabgesetzt

ist und/oder dort, wo beschädigungsbedingt oder auch fertigungsbedingt Fehlstellen in der Abdichtung 3 vorhanden sind, wozu günstiger Weise eine Prüfspannung von mindestens 1000 Volt pro Millimeter Dicke der zu prüfenden flächigen Abdichtung bzw. Dichtungsbahn 3 verwendet wird, mit der Folge, dass es an diesen Stellen zu einem Spannungsdurchschlag kommt, was erfindungsgemäß auf unterschiedliche Weise detektiert und lokalisiert werden kann. Auf diese Weise ist eine vollflächige integrale Dichtheitsprüfung der Bauwerksabdichtung 3 bzw. jeweiligen Abdichtungsbahn und eine Feststellung von Beschädigungen der Abdichtung 3 möglich, ohne dass Wasser oder Feuchtigkeit oder ein direkter Kurzschluss an der Beschädigungsstelle vorhanden sein muss, gleichwohl eine sichere Erkennung von Schäden an der Abdichtung 3 auch unter diesen Bedingungen mit dem Verfahren möglich ist. Damit wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein gegenüber dem Stand der Technik deutlich verbesserter Entwicklungsstand erreicht, der es erlaubt, eine zuverlässige Gutprüfung von Abdichtungen 3 durchzuführen und Abdichtungsschäden auf einfache und zuverlässige Weise festzustellen und zu lokalisieren, dies unabhängig von der Einbausituation der Abdichtung 3, im Extremfall sogar bei frei hängender Abdichtung 3 und ohne dass Wasser oder Feuchtigkeit für die Anwendbarkeit des Prüfverfahrens erforderlich ist.

Erfindungsgemäß kann zur Durchführung des Verfahrens während des Prüfvorgangs die Höhe der über die leitfähigen Schichten 6, 7 an die zu prüfende Flächenabdichtung 3 angelegten Spannung und auch der Stromfluss von der Spannungsquelle 8 in die Prüfanordnung gemessen werden. Sind Schad- und/oder Fehlstellen in der Flächenabdichtung 3 vorhanden, so kommt es erfindungsgemäß an diesen Schad- und/oder Fehlstellen, soweit hier nicht beschädigungsbedingt ein direkter Kurzschluss zwischen den leitfähigen Schichten 6, 7 vorliegt, zu einer Überschreitung der Durchschlagsfestigkeit und damit durch die zu prüfende Flächenabdichtung 3 hindurch zu einem elektrischen Durchschlag mit der Folge, dass über den Lichtbogen ein schlagartig einsetzender Entladestrom zwischen den beiden leitfähigen Schichten 6, 7 fließt. Dies führt dazu, dass die Prüfspannung an der zu prüfenden Abdichtung 3 abfällt und der Ladestrom steigt, was erfindungsgemäß anhand des gemessenen Verlaufs der Messgrößen Prüfspannung und Ladestrom erkannt werden kann. Sind Beschädigungen vorhanden, die einen im Vergleich zum Widerstand des intakten Dichtungsmaterials niederohmigen Kurzschluss der leitfähigen Schichten 6, 7 bedingen, wird dies daran erkannt, dass ein im Vergleich zur unbeschädigten Abdichtung deutlich höherer

Kurzschlussstrom schon bei einer niedrigen Prüfspannung fließt, die für eine Funkenentladung noch nicht ausreichend ist. Damit ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch ein kurzschlussbedingendes Schadensbild sicher feststellbar. Wird hingegen eine vorgegebene Prüfspannung erreicht, ohne dass es zu einem

5 Kurzschlussstrom oder Lichtbogenentladestrom kommt, ist die Abdichtung 3 als intakt einzustufen, dies insbesondere, wenn die maximale Prüfspannung zuvor ohne weitere Entladungseffekte für einen längeren Zeitraum angelegen hat. Vorzugsweise wird aus dem Quotienten von Spannung und Strom der elektrische Widerstand des Prüfbjcktes ermittelt und als weiteres Qualitätskriterium herangezogen.

10 Erfindungsgemäß kann dabei auch eine örtliche Zuordnung der Stelle des Zündfunkens oder eines Kurzschlusses und damit der örtlichen Lage der Schadstelle vorgenommen werden, wenn die Einspeisung der Prüfspannung über mindestens zwei räumlich

15 voneinander ausreichend beabstandete Einspeisestellen 9, 10 erfolgt (vgl. Fig. 1), die bei länglich ausgebildeten Prüfabschnitten vorzugsweise an den beiden sich gegenüberliegenden Schmalseiten des Prüfabschnitts liegen, und die Stromflüsse bzw. korrespondierende elektrische Größen, z.B. die elektrische Spannung im Zeitpunkt des elektrischen Durchschlags, d.h. also während des Fließens des Lichtbogenstromes oder bei Vorliegen eines Kurzschlusses des Kurzschlussstromes in jedem Einspeisestrang

20 gemessen werden, so dass über das Verhältnis der Stromflüsse oder korrespondierenden Spannungen der Ort des Funkens oder Kurzschlusses und damit der Ort der Schadstelle in guter Annäherung ermittelt werden kann, da dieses Verhältnis weitgehend dem Abstandsverhältnis der Einspeisestellen zum Ort des Funkens bzw. Kurzschlusses entspricht. Die Messung der Spannungsverhältnisse bei beschädigungsbedingtem

25 Kurzschluss oder beschädigungsbedingter Funkenentladung kann dabei auch unmittelbar in einer der beiden leitfähigen Schichten 6, 7 erfolgen oder auch indirekt ohne galvanische Verbindung zum elektrischen Messkreis durch eine oder mehrere kapazitiv gekoppelte Sonden, z.B. von der Sichtseite der Abdichtung 3 aus.

30 Alternativ dazu oder zusätzlich kann das Auftreten von Zündfunken bzw. Lichtbögen erfindungsgemäß auch dadurch detektiert werden, dass die vom Zündfunken bzw. Lichtbogen ausgehenden elektromagnetischen Störsignale (so genannte Bursts) mit einem geeigneten Detektor (nicht gezeigt) erfasst werden und/oder dass die vom Lichtbogen an der Schadstelle ausgehenden Licht- und/oder Wärmestrahlungs-

und/oder Materialerwärmungseffekte in geeigneter Weise erfasst und ausgewertet werden, z.B. durch geeignete Bildaufzeichnungsverfahren, dies auch insoweit, dass die erfassten Störsignale und/oder Licht- und/oder Wärmestrahlungs- und/oder Materialerwärmungseffekte auch für die Lokalisierung der Funken- und/oder Kurzschlussstelle und damit der Beschädigungsposition herangezogen werden kann. Hierfür kann beispielsweise eine Kamera (nicht gezeigt), insbesondere eine Wärbildkamera verwendet werden.

Im einfachsten Fall erfolgt erfindungsgemäß die Ortung der Funkenstrecke jedoch rein visuell, entweder dadurch, dass während des Bestehens des Lichtbogens dieser erkannt und lokalisiert wird oder indem die Schadstelle anhand der durch Funkenerosion und/oder Wärmeeinwirkung hervorgerufenen Veränderungen auf der Sichtseite der Abdichtung 3 erkannt und geortet werden, während der Funkenbildung oder nachdem die Funkenbildung oder der Kurzschlussstrom zum Erliegen gekommen ist. Hierzu kann es vorteilhaft sein, die Funkenbildung an der Schadstelle bzw. den Kurzschlussstrom solange aufrecht zu erhalten, bis eine deutlich erkennbare thermische Wirkung an der Schadstelle entstanden ist.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist mindestens eine der leitfähigen Schichten 6, 7 als leitfähiges Vlies, Gewebe, Gewirke oder sonstiges Flächengebilde ausgebildet, wobei die erforderliche Leitfähigkeit durch Zugabe von elektrisch leitfähigen Partikeln und/oder Fasern und/oder Fäden und/oder Drähten zu dem selbst nicht leitfähigen Vliesstoff, Gewebe, Gewirke oder Flächengebilde und/oder durch eine Beschichtung oder Tränkung des selbst nicht leitfähigen Vliesstoffes, Gewebes, Gewirkes oder Flächengebildes mit entsprechenden leitfähigen Stoffen und/oder durch eine Metallbedampfung des selbst nicht leitfähigen Vliesstoffes, Gewebes, Gewirkes oder Flächengebildes erreicht wird und/oder ein Vlies, Gewebe, Gewirke oder sonstiges Flächengebilde verwendet wird, das durch Verwendung elektrisch leitfähiger Fasern und/oder Fäden die zur Durchführung des Prüfverfahrens erforderliche Leitfähigkeit aufweist.

In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird die elektrische Leitfähigkeit des Vliesstoffes oder sonstigen Flächengebildes dadurch erreicht, dass ein stark hygroskopischer Stoff auf

das Trägermaterial des Vliesstoffes bzw. Flächengebildes aufgetragen oder in das Trägermaterial eingearbeitet wird, so dass oberhalb einer bestimmten Luftfeuchte der Stoff in der hygroskopisch aufgenommenen Feuchtigkeit zumindest teilweise dissoziiert und eine ionogene, für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens
5 ausreichende elektrische Leitfähigkeit der im Vliesstoff oder im Flächengebilde aufgenommenen Flüssigkeit hervorruft. Vorzugsweise erfolgt der Auftrag des hygroskopischen Stoffes dabei in wässriger Phase.

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung bzw.
10 –anordnung ist der Vliesstoff oder das sonstige Flächengebilde in der Mikrostruktur seiner in Richtung auf die zu prüfende Abdichtung 3 weisenden Oberfläche so beschaffen, dass elektrisch leitfähige Fasern, Partikel, Fäden und/oder Drähte aus der Oberfläche so herausstehen, dass bei Anlegen der Prüfspannung zwischen den leitfähigen Schichten 6, 7 sich an den solchermaßen hervorstehenden Teilen hohe
15 Feldstärkespitzen einstellen, mit der Folge, dass die Zündung von Lichtbögen bei Vorliegen der bestimmungsgemäßen Schadensvoraussetzungen begünstigt wird.

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung bzw. Prüfanordnung besteht das Trägermaterial des Vliesstoffes oder Flächengebildes 6, 7
20 aus im Vergleich zu thermoplastischen Kunststoffen thermisch deutlich widerstandsfähigeren Bestandteilen, vorzugsweise Glas-, Metall- und/oder Kohlenstofffasern und/oder thermisch beständigeren, leitfähigen Partikeln, Fasern und/oder Fäden, um zu verhindern, dass infolge der Wärmeentwicklung während des elektrischen Lichtbogens die Oberfläche des Vliesstoffes oder des Flächengebildes 6, 7 im Bereich des
25 Lichtbogens vorzeitig schmilzt und verklebt oder wegbrennt bzw. verdampft. Hierdurch wird verhindert, dass der Lichtbogen vorzeitig verlischt und auch an dieser Stelle nicht wieder gezündet werden kann, ohne dass es an der Schadstelle zu einer für die visuelle Erkennung erforderlichen thermisch bedingt sichtbaren Materialveränderung oder für eine thermografische Erkennung ausreichenden Materialerwärmung gekommen ist.

30 In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind eine oder auch beide leitfähige Schichten, durch die die zu prüfende Abdichtung 3 begrenzt wird, Teil der Baukonstruktion, z.B. das Auflager der Abdichtung 3 (z.B. das Außengewölbe 2 in Fig. 1) und/oder eine konstruktive Abdeckung der Abdichtung 3 und weist bzw.

weisen eine gegenüber dem Abdichtungsmaterial deutlich höhere, für die Durchführung des Prüfverfahrens ausreichende elektrische Leitfähigkeit auf, so dass auf die Verwendung einer oder sogar beider sandwichartig in die Abdichtung 3 integrierter leitfähiger Schichten 6, 7 für die Durchführung des Prüfverfahrens verzichtet werden kann.

5

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung bzw. Prüfanordnung ist mindestens eine der leitfähigen Schichten 6, 7 nicht bis zum Rand der Abdichtung 3 geführt, sondern nur so weit, dass die Länge und damit die Durchschlagsfestigkeit der Luftstrecke zwischen den beiden mit Prüfspannung beaufschlagten Schichten größer ist als die zur Dichtheitsprüfung verwendete Prüfspannung (vgl. Fig. 2 und 3).

10

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung bzw. Prüfanordnung ist mindestens eine der leitfähigen Schichten 6, 7 innerhalb der Abdichtungsbahn 3 angeordnet, wobei diese innen liegende leitfähige Schicht 6 insgesamt schmaler ist, als die zu prüfende Abdichtungsbahn 3, so dass die leitfähige Schicht 6 an den Bahnenlängsseiten vollständig von elektrisch isolierendem Dichtungsmaterial umschlossen ist und an den Längskanten der Dichtungsbahn eine für die Durchführung des Prüfverfahrens ausreichend hohe Durchschlagsfestigkeit gegenüber der zweiten leitfähigen Schicht 7 erreicht wird (vgl. Fig. 2).

15

20

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung bzw. Prüfanordnung wird die nach Verlegung der Abdichtung bzw. Dichtungsbahn 3 gebirgsseitig oder dichtungsunterseitig angeordnete leitfähige Schicht 6 als leitfähiges Vlies ausgebildet, wobei das leitfähige Vlies an einer Längsseite der Dichtungsbahn 3 weitgehend bündig bis an den Rand der Abdichtung 3 geführt ist, an der anderen Längsseite der zu prüfenden Dichtungsbahn 3 aber in Breite der Verschweißungszone 11 gegenüber dem Bahnenrand zurücksteht, so dass das Vlies vor einer Verschweißung mit der benachbarten Dichtungsbahn 3 nicht aufwändig aus der Schweißzone entfernt werden muss (vgl. Fig. 3).

25

30

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung bzw. Prüfanordnung ist dieser frei liegende, nicht mit elektrisch leitfähigem Vlies 6, 7 abgedeckte Schweißrand 11 der Dichtungsbahn 3 mit einer leicht entfernbaren

elektrischen Schicht 61, 71 ausgerüstet, die elektrisch mit dem leitfähigen Vlies 6, 7 in geeigneter Weise verbunden ist (vgl. Figuren 3 und 4). Hierdurch wird erreicht, dass die zu prüfende Dichtungsbahn 3 vor dem Verschweißen mit einer benachbarten Dichtungsbahn 3 auf voller Breite mit dem erfindungsgemäßen Verfahren geprüft werden kann, ohne dass die leitfähige Schicht 6, 7 nach der Prüfung und vor dem Verschweißen aufwändig aus der Schweißzone 11 entfernt werden muss. Die im Bereich 11 der späteren Schweißzone angeordnete leitfähige Schicht 61, 71 kann dabei vorteilhafter Weise aus einer elektrisch leitfähigen Selbstklebefolie oder einem elektrisch leitfähigen Selbstklebevlies oder aus einer elektrisch leitfähigen abwaschbaren oder abwaschbaren Beschichtung bestehen.

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung bzw. Prüfanordnung kann die leitfähige Schicht 6, 7 im Bereich der Verschweißungszone 11 auch dergestalt realisiert werden, dass das auf der Abdichtungsrückseite angeordnete Vlies in der gesamten Breite der zu prüfenden Dichtungsbahn 3 appliziert wird, wobei es jedoch im Bereich der Verschweißungszone 11 nur eine geringe Haftzugfestigkeit gegenüber der Dichtungsbahn 3 aufweist, so dass es nach der Dichtheitsprüfung und vor der Verschweißung ohne großen Aufwand im Bereich der Verschweißungszone abgelöst werden kann und anschließend durch Umklappen oder Zurückschneiden aus der Verschweißungszone 11 gebracht werden kann. Das Umklappen der leitfähigen Schicht 6 bzw. 7 ist in Fig. 5 durch Pfeile angedeutet.

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung bzw. Prüfanordnung ist die Leitfähigkeit mindestens einer der leitfähigen Schichten 6, 7, vorteilhafter Weise die innerhalb der zu prüfenden Abdichtung 3 angeordnete oder auf der zugänglichen Sichtseite der Abdichtung 3 angeordnete leitfähige Schicht 7 in ihrer flächigen Leitfähigkeit so eingestellt, dass der selbst bei Anliegen der maximal möglichen Prüfspannung und vollständiger elektrischer Aufladung der Abdichtung im Fall eines Kurzschlusses zwischen den leitfähigen Schichten 6, 7 maximal mögliche Kurzschluss- bzw. Entladestrom über die insoweit den Innenwiderstand der aufgeladenen Abdichtung 3 bedingende leitfähige Schicht 7 so weit begrenzt wird, dass keine Gefahren für die Prüfvorrichtung 5 selbst oder für Leib und Leben entstehen kann, dies unabhängig davon, an welcher Stelle der Abdichtung es zu einem Kontakt oder einer Näherung an die unter Prüfspannung stehende Abdichtung durch Fremdkörper

oder Personen kommt. Vorzugsweise weist diese leitfähige Schicht 7 oder weisen beide leitfähige Schichten 6, 7 hierzu einen Oberflächenwiderstand von mehr als 10^4 Ohm auf und einen spezifischen Widerstand von mehr als 10^3 Ohm cm auf. Insbesondere sieht eine bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemäße Bauwerksabdichtung vor, dass auf der Sichtseite der innenliegenden leitfähigen Schicht 7 eine elektrisch nicht leitfähige Folie bzw. Schutzschicht 12 angeordnet ist, die vorzugsweise einen hellen Farbton besitzt.

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung bzw. Prüfanordnung ist mindestens eine der erforderlichen elektrisch leitfähigen Schichten 6, 7 als Metallfolie oder metallisierte Kunststoffolie oder als metallisches oder metallisiertes sonstiges Flächengebilde ausgebildet, wobei zumindest eine Oberfläche elektrisch nicht leitend ist. Vorzugsweise findet eine metallisierte oder durch Zugabe von leitfähigkeitserhöhenden Stoffen leitfähig eingestellte oder durch Verwendung intrinsisch leitfähiger Kunststoffe leitfähige Kunststoffolie Verwendung, die so auf der zu prüfenden Abdichtung 3 angeordnet ist, dass sich ihre elektrisch nicht leitende Seite auf der der Abdichtung 3 abgewandten Seite befindet, so dass bei Berührung der Oberfläche der solchermaßen ausgerüsteten Abdichtung 3 kein elektrischer Kontakt mit der Prüfspannung zustande kommt, sofern die Ränder der leitfähigen Schicht 7 an den Rändern des Prüfabschnittes sauber isoliert sind und die nicht leitende Rückseite der leitfähigen Schicht 7 nicht beschädigt ist. Wird zwischen der dergestalt ausgebildeten leitfähigen Schicht 7 und einer nach Fertigstellung der Abdichtung 3 verlegten Stahlbewehrung, z.B. einer Tunnelinnenschale 4, der elektrische Widerstand gemessen, so kann erfindungsgemäß festgestellt werden, ob die Bewehrung in einer Weise an der Abdichtung 3 anliegt, dass die Abdichtung oberseitig bereits beschädigt wurde, ohne aber bereits durchstoßen worden zu sein, wobei die Position der Beschädigung in der bereits beschriebenen Art und Weise über die Messung der Strangströme oder die Widerstandsverhältnisse oder der Spannungsverhältnisse bei Messung über mindestens zwei beabstandete Einspeisestränge oder über mindestens zwei beabstandete Messpunkte in einer der leitfähigen Schichten 6, 7 eingegrenzt werden kann, so dass die Gefahrenstelle noch vor dem Betonieren erkannt und beseitigt werden kann.

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung bzw. Prüfanordnung ist eine der leitfähigen Schichten so ausgebildet, dass sie fest mit der zu

prüfenden Abdichtung 3 verbunden ist, wobei die leitfähige Schicht an zumindest einer Längsseite der zu prüfenden Abdichtungsbahn 3 nicht bis an deren Rand herangeführt, sondern von diesem mindestens so weit beabstandet ist, dass eine Verschweißung der Abdichtungsbahn 3 mit ihrer Nachbarbahn 3 möglich ist, ohne dass die leitfähige Schicht in die Fügezone 11 hineinreicht.

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung bzw. Prüfanordnung ist mindestens eine der leitfähigen Schichten 6, 7 so ausgebildet, dass sie bis an den Rand der zu verbindenden Bahnen und damit bis in die Fügezone heranreicht, wobei sie beim Verbindungsvorgang in der Fügezone 11 verbleibt und sich beim Fügevorgang mit dem fügebedingt plastifizierten Material der Abdichtung 3 so vermengt, dass die Leitfähigkeit der Schicht 6, 7 im Fugebereich unterbrochen wird.

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bauwerksabdichtung bzw. Prüfanordnung ist mindestens eine leitfähige Schicht 6, 7 als abziehbare filmartige Schicht auf der zu prüfenden Abdichtung 3 ausgebildet, so dass die Schicht zumindest, soweit es zum Fügen einzelner Abdichtungsbahnen 3 erforderlich ist, partiell wieder von der Abdichtung 3 abgezogen werden kann.

In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die vorstehend beschriebene leitfähige Schicht auch dazu verwendet, um während des Betoniervorgangs zu überprüfen, ob z.B. beim Betonieren einer Tunnelinnenschale der zu betonierende Ringraum vollständig mit Beton gefüllt ist oder ob nicht ausgefüllte Bereiche vorhanden sind, bei denen bei späterer Druckwasserbeaufschlagung die Tunnelabdichtung ungeschützt auf die Bewehrung der Innenschale gedrückt wird. Hierzu wird erfindungsgemäß die elektrische Kapazität einer oder beider leitfähigen Schichten, die dabei keinen elektrischen Kontakt mit der Bauwerksmasse bzw. dem eingebrachten Beton haben dürfen, beim Betoniervorgang oder danach gegen den eingebrachten Beton gemessen und die gemessenen Werte werden mit einem Sollwert oder einem Vergleichswert verglichen.

Die Ausführung oder Anwendung der Erfindung ist nicht auf Tunnel beschränkt. Vielmehr lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße

Bauwerksabdichtung auch vorteilhaft bei der Dichtheitskontrolle von Abdichtungen von Deponien, Flüssigkeitsbecken und/oder Dächern, insbesondere Flachdächern anwenden.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Feststellung von Schad- oder Fehlstellen, insbesondere von einer reduzierten Materialstärke aufweisenden Schwachstellen an einer membranartigen, elektrisch nicht oder nur geringfügig leitfähigen Bauwerksabdichtung (3), die im Vergleich zu Luft eine hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit aufweist und mit einer elektrisch leitfähigen Schicht (6) versehen ist, die innerhalb oder außerhalb der Bauwerksabdichtung (3) angeordnet ist, sich im Wesentlichen vollflächig über die Bauwerksabdichtung erstreckt und an die eine elektrische Prüfspannung angelegt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Feststellung besagter Schad-, Fehl- und/oder Schwachstellen eine weitere elektrisch leitfähige Schicht (7) verwendet wird, die durch die Bauwerksabdichtung (3) von der besagten elektrisch leitfähigen Schicht (6) elektrisch getrennt ist und sich im Wesentlichen vollflächig über die Bauwerksabdichtung (3) erstreckt, wobei die Höhe der Prüfspannung zwischen den spannungsbeaufschlagten elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) so gewählt wird, dass es bei Vorhandensein mindestens einer elektrisch nicht oder nur geringfügig leitfähigen Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle in der Bauwerksabdichtung (3) zu einem Überschreiten der elektrischen Durchschlagsfestigkeit und zur Ausbildung eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens am Ort der Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle kommt, wobei die Prüfspannung kleiner gewählt wird als eine zerstörende Prüfspannung, bei welcher sich an einer der zu prüfenden Bauwerksabdichtung (3) entsprechenden unbeschädigten und/oder ungeschwächten Bauwerksabdichtung ein elektrischer Durchschlag mit Ausbildung eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens ergeben würde.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfspannung von Null oder einem Minimalwert größer Null stetig oder schrittweise bis zu einem elektrischen Spannungswert erhöht wird, der reduziert um einen Sicherheitsbetrag unterhalb einer zerstörenden Spannung liegt, bei welcher sich an einer der zu prüfenden Bauwerksabdichtung (3) entsprechenden unbeschädigten und/oder ungeschwächten Bauwerksabdichtung ein elektrischer

Durchschlag mit Ausbildung eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens ergeben würde.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zu prüfende Bauwerksabdichtung (3) in mehreren Prüfintervallen geprüft wird, wobei die Prüfspannung in dem jeweils nachfolgenden Prüfintervall erhöht wird, bis ein elektrischer Spannungswert erreicht wird, der reduziert um einen Sicherheitsbetrag unterhalb einer zerstörenden Prüfspannung liegt, bei welcher sich an einer der zu prüfenden Bauwerksabdichtung (3) entsprechenden unbeschädigten und/oder ungeschwächten Bauwerksabdichtung ein elektrischer Durchschlag mit Ausbildung eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens ergeben würde.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die an die elektrisch leitfähigen Schichten angelegte Prüfspannung so gewählt wird, dass sie mindestens 1000 Volt pro Millimeter Dicke der zu prüfenden Bauwerksabdichtung (3) beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die an die elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) angelegte Prüfspannung so gewählt wird, dass sie höchstens 80% eines elektrischen Spannungswertes beträgt, bei welchem sich an einer der zu prüfenden Bauwerksabdichtung (3) entsprechenden unbeschädigten und/oder ungeschwächten Bauwerksabdichtung ein elektrischer Durchschlag mit Ausbildung eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens ergeben würde.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei an die leitfähigen Schichten angelegter Prüfspannung ein Auftreten von Zündfunken und/oder Lichtbögen detektiert wird, indem die vom Zündfunken und/oder Lichtbogen ausgehenden elektromagnetischen Störsignale mit einem Detektor erfasst werden und/oder indem die vom Zündfunken und/oder Lichtbogen ausgehenden Licht-, Wärmestrahlungs- und/oder Materialerwärmungseffekte erfasst und ausgewertet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe der über die leitfähigen Schichten (6, 7) an die zu prüfende Bauwerksabdichtung angelegten Spannung und/oder der Stromfluss von der Spannungsquelle (8) in eine der leitfähigen Schichten (6, 7) gemessen werden.
- 5
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfspannung über mindestens zwei räumlich voneinander beabstandete Einspeisestellen (9, 10) an eine der elektrisch leitfähigen Schichten (7) angelegt wird, dass die Stromflüsse oder damit korrespondierende elektrische Größen, insbesondere die elektrische Spannung, bei einem elektrischen Durchschlag an einer Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle gemessen werden, und dass anhand des Verhältnisses der Stromflüsse oder korrespondierenden elektrischen Größen, insbesondere Spannungen, der Ort der Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle ermittelt wird.
- 10
- 15
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Messung des elektrischen Spannungsverhältnisses über Messsonden erfolgt, die unmittelbar mit einer der leitfähigen Schichten (7) gekoppelt sind.
- 20
10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Messung des elektrischen Spannungsverhältnisses über eine oder mehrere Messsonden erfolgt, die ohne galvanische Verbindung indirekt mit einer der leitfähigen Schichten (7) kapazitiv gekoppelt werden.
- 25
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zu prüfende Bauwerksabdichtung (3) in einzelne Prüfabschnitte unterteilt wird, indem mindestens eine der elektrisch leitfähigen Schichten so segmentiert wird, dass sich beim Anlegen der Prüfspannung an das jeweilige Segment der leitfähigen Schicht (6, 7) eine auf den zugeordneten Prüfabschnitt beschränkte Spannungsbeaufschlagung ergibt.
- 30
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die Bauwerksabdichtung (3) aus miteinander durch Fügen verbundenen Kunststoffdichtungsbahnen gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) so ausgebildet wird, dass sie bis an den Rand der zu
- 35

verbindenden Kunststoffdichtungsbahnen (3) und damit bis in die Fügezone (11) heranreicht, wobei sie beim Fügevorgang in der Fügezone (11) verbleibt und sich beim Fügevorgang mit dem fügebedingt plastifizierten Material der Kunststoffdichtungsbahnen so vermengt, dass ihre elektrische Leitfähigkeit in der Fügezone unterbrochen wird.

5

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektrisch leitfähige Auflagerschicht (2) der Bauwerksabdichtung (3) als eine der elektrisch leitfähigen Schichten genutzt wird.

10

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die auf der zugänglichen Seite der Bauwerksabdichtung (3) angeordnete elektrisch leitfähige Schicht (7) mit einer elektrisch nicht leitenden Schicht (12), vorzugsweise einer hellfarbigen Kunststoffolie versehen wird.

15

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die vollflächige Ausbildung der zumindest auf der zugänglichen Seite der Bauwerksabdichtung (3) angeordneten elektrisch leitfähigen Schicht (7) und/oder die vollflächige Ausbildung der auf der Rückseite der Bauwerksabdichtung (3) angeordneten elektrisch leitfähigen Schicht (6) mittels elektrischer Kapazitätsmessung geprüft wird.

20

16. Membranartige Bauwerksabdichtung (3) aus elektrisch nicht oder nur geringfügig leitfähigem Material, die im Vergleich zu Luft eine hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit aufweist, mit einer elektrischen Spannungsquelle aufweisenden Prüfvorrichtung (5) zur Feststellung von Schad- oder Fehlstellen, insbesondere eine reduzierte Materialstärke aufweisenden Schwachstellen an der Bauwerksabdichtung (3), und einer elektrisch leitfähigen Schicht (6), die innerhalb oder außerhalb der Bauwerksabdichtung angeordnet ist und sich im Wesentlichen vollflächig über die Bauwerksabdichtung (3) erstreckt, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine weitere elektrisch leitfähigen Schicht (7) vorgesehen ist, die durch die Bauwerksabdichtung (3) von der besagten elektrisch leitfähigen Schicht elektrisch getrennt ist und sich im Wesentlichen vollflächig über die Bauwerksabdichtung erstreckt, wobei die Prüfvorrichtung (5) Mittel zur Einstellung der Höhe der über die elektrisch leitfähigen Schichten an der Bauwerksabdichtung anlegbaren

25

30

35

- 5 Prüfspannung aufweist, so dass die Prüfspannung von Null oder einem Minimalwert größer Null stetig oder schrittweise bis zu einem elektrischen Spannungswert erhöhbar ist, der um einen Sicherheitsbetrag reduziert unterhalb einer zerstörenden Spannung liegt, bei welcher sich an einer der zu prüfenden Bauwerksabdichtung (3) entsprechenden unbeschädigten und/oder ungeschwächten Bauwerksabdichtung ein elektrischer Durchschlag mit Ausbildung eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens ergeben würde.
- 10 17. Bauwerksabdichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfvorrichtung (5) einen Detektor zur Erfassung von Zündfunken und/oder Lichtbögen umfasst.
- 15 18. Bauwerksabdichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Detektor aus mindestens einer Kamera, insbesondere Wärmebildkamera gebildet ist.
- 20 19. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfvorrichtung (5) mindestens einen elektrischen Spannungsmesser (15, 16) und/oder mindestens einen elektrischen Strommesser umfasst.
- 25 20. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfvorrichtung mindestens zwei Einspeiseleitungen (13, 14) umfasst, so dass die Prüfspannung über räumlich voneinander beabstandete Einspeisestellen (9, 10) an eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) anlegbar ist.
- 30 21. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfvorrichtung (5) eine oder mehrere Messsonden zur Messung von bei einem elektrischen Durchschlag an einer Schad-, Fehl- und/oder Schwachstelle der Bauwerksabdichtung über die Einspeiseleitungen (13, 14) fließenden Strömen und/oder diesen Strömen proportionalen elektrischen Größen, insbesondere Spannungen, umfasst.

22. Bauwerksabdichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die eine oder mehreren Messsonden mit den Einspeiseleitungen (13, 14) oder einer der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) galvanisch verbunden sind.
- 5 23. Bauwerksabdichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die eine oder mehreren Messsonden kapazitiv mit den Einspeiseleitungen (13, 14) oder einer der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) gekoppelt oder koppelbar sind.
- 10 24. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass sie durch eine Segmentierung mindestens einer der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) in einzelne Prüfabschnitte unterteilt ist.
- 15 25. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass sie aus miteinander durch Fügen verbundenen Kunststoffdichtungsbahnen gebildet ist, wobei eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) bis an den Rand zweier miteinander verbundener Kunststoffdichtungsbahnen und damit bis in die Fügezone (11) heranreicht, und wobei die elektrische Leitfähigkeit dieser elektrisch leitfähigen Schicht in der Fügezone unterbrochen ist.
- 20 26. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) mit Abstand zum Rand der Bauwerksabdichtung (3) endet, so dass die Durchschlagsfestigkeit der über den Rand der Bauwerksabdichtung (3) verlaufenden Luftstrecke zwischen den elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) größer ist als die elektrische Durchschlagsfestigkeit der Bauwerksabdichtung in unbeschädigtem und/oder ungeschwächtem Zustand.
- 25 27. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) und die membranartige, elektrisch nicht oder nur geringfügig leitfähige Bauwerksabdichtung (3) als vorgefertigtes mehrschichtiges Sandwichsystem ausgebildet sind, wobei die elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) mit der sie elektrisch trennenden Bauwerksabdichtung (3) stoffschlüssig und/oder
- 30 formschlüssig verbunden sind.
- 35

28. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) einen elektrischen Oberflächenwiderstand von weniger als 10^6 Ohm und/oder einen spezifischen elektrischen Widerstand von weniger als 10^5 Ohm/cm aufweisen.
29. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) aus einem Vlies, Gewirke, einer Folie oder einem sonstigen Flächengebilde gebildet ist, das/die aus selbst nicht leitfähigem Material hergestellt ist, welches mit elektrisch leitfähigen Partikel, Fasern, Fäden und/oder Drähten versehen ist.
30. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) aus einem Vlies, Gewirke oder einem sonstigen Flächengebilde gebildet ist, das aus elektrisch leitfähigen Fasern und/oder Fäden hergestellt ist.
31. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) aus einem Vlies, Gewirke, einer Folie oder einem sonstigen Flächengebilde gebildet ist, das/die aus selbst nicht leitfähigem Material hergestellt ist, wobei das Vlies, Gewirke, die Folie oder das Flächengebilde mit einer Beschichtung aus elektrisch leitfähigem Material, insbesondere einer aufgedampften Metallschicht versehen ist.
32. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) aus einem Vlies, Gewirke oder sonstigen Flächengebilde gebildet ist, das aus selbst nicht leitfähigem Material hergestellt ist, wobei das Vlies oder Flächengebilde mit einem hygroskopischen Stoff versehen ist.
33. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) aus einem Vlies, Gewirke oder sonstigem Flächengebilde gebildet ist, dessen der zu prüfenden Bauwerksabdichtung zugewandte Oberfläche so beschaffen ist,

dass elektrisch leitfähige Fasern, Fäden und/oder Drähte aus der Oberfläche in Richtung der Bauwerksabdichtung (3) herausstehen.

- 5 34. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) aus einem Vlies, Gewirke oder sonstigen Flächengebilde gebildet ist, das aus Glas-, Metall- und/oder Kohlenstofffasern hergestellt ist, wobei, sofern das Trägermaterial des Vlieses, Gewirkes oder Flächengebildes ausschließlich aus Glasfasern besteht, die Glasfasern mit elektrisch leitfähigen Partikel, Fasern, 10 Fäden und/oder Drähten, einer elektrisch leitfähigen Beschichtung oder einem hygroskopischen Stoff versehen sind.
- 15 35. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) innerhalb einer Kunststoffdichtungsbahn angeordnet ist, aus der die Bauwerksabdichtung (3) gebildet ist, wobei diese elektrisch leitfähige Schicht (6) insgesamt schmaler ist als die Kunststoffdichtungsbahn, so dass die elektrisch leitfähige Schicht (6) an den Längsseiten der Kunststoffdichtungsbahn vollständig von elektrisch isolierendem Dichtungsmaterial ummantelt ist. 20
- 25 36. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass diese aus miteinander verschweißbaren Kunststoffdichtungsbahnen gebildet ist, wobei eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) mit der Rückseite der jeweiligen Kunststoffdichtungsbahn verbunden ist, und wobei diese rückseitig angeordnete leitfähige Schicht bündig oder nahezu bündig mit dem einen Längsrand der Kunststoffdichtungsbahn abschließt und gegenüber dem anderen Längsrand der Kunststoffdichtungsbahn um eine einen rückseitigen Fügerand (11) definierende Breite versetzt endet.
- 30 37. Bauwerksabdichtung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass der rückseitige Fügerand (11) mit einer leicht entfernbar elektrisch leitfähigen Randschicht (61, 71) ausgerüstet ist, die mit der rückseitig angeordneten leitfähigen Schicht (6, 7) elektrisch verbunden ist.

38. Bauwerksabdichtung nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitfähige Randschicht (61, 71) aus einer elektrisch leitfähigen Selbstklebefolie, einem elektrisch leitfähigen Selbstklebevlies oder einer elektrisch leitfähigen abwischbaren oder abwaschbaren Beschichtung besteht.
- 5
39. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass diese aus miteinander verschweißbaren Kunststoffdichtungsbahnen gebildet ist, wobei eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) mit der Rückseite der jeweiligen Kunststoffdichtungsbahn verbunden ist, sich über die gesamte Breite der Kunststoffdichtungsbahn erstreckt und in einem einen rückseitigen Fügerand definierenden Randbereich nur mit verminderter Haftzugfestigkeit mit der Kunststoffdichtungsbahn verbunden ist.
- 10
40. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7), insbesondere die auf der zugänglichen Sichtseite der Bauwerksabdichtung (3) angeordnete leitfähige Schicht (7) in ihrer flächigen Leitfähigkeit so eingestellt ist, dass der selbst bei Anliegen der maximal möglichen Prüfspannung und vollständiger elektrischer Aufladung der Bauwerksabdichtung im Falle eines Kurzschlusses zwischen den elektrisch leitfähigen Schichten fließende maximale Kurzschluss- oder Entladestrom auf einen nicht lebensgefährlichen Wert begrenzt ist.
- 15
- 20
41. Bauwerksabdichtung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass diese oder beide elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) einen elektrischen Oberflächenwiderstand von mehr als 10^4 Ohm und/oder einen spezifischen elektrischen Widerstand von mehr als 10^3 Ohm/cm aufweisen.
- 25
42. Bauwerksabdichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der elektrisch leitfähigen Schichten (6, 7) aus einer Metallfolie, einer metallisierten Kunststofffolie, einer durch leitfähigkeitserhöhende Zusatzstoffe elektrisch leitfähig eingestellten Kunststofffolie, einer aus intrinsisch leitfähigen Kunststoffen hergestellten elektrisch leitfähigen Kunststofffolie, einem metallischen Flächengebilde oder einem metallisierten Flächengebilde gebildet ist, wobei ihre der
- 30
- 35

Bauwerksabdichtung (3) abgewandte Seite elektrisch nicht leitend ausgebildet und/oder mit einer elektrisch nicht leitenden Schicht (12) versehen ist.

- 5 43. Bauwerksabdichtung nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch nicht leitende Schicht (12) aus einer elektrisch isolierenden, hellfarbigen Kunststoffschicht besteht.

FIG. 1

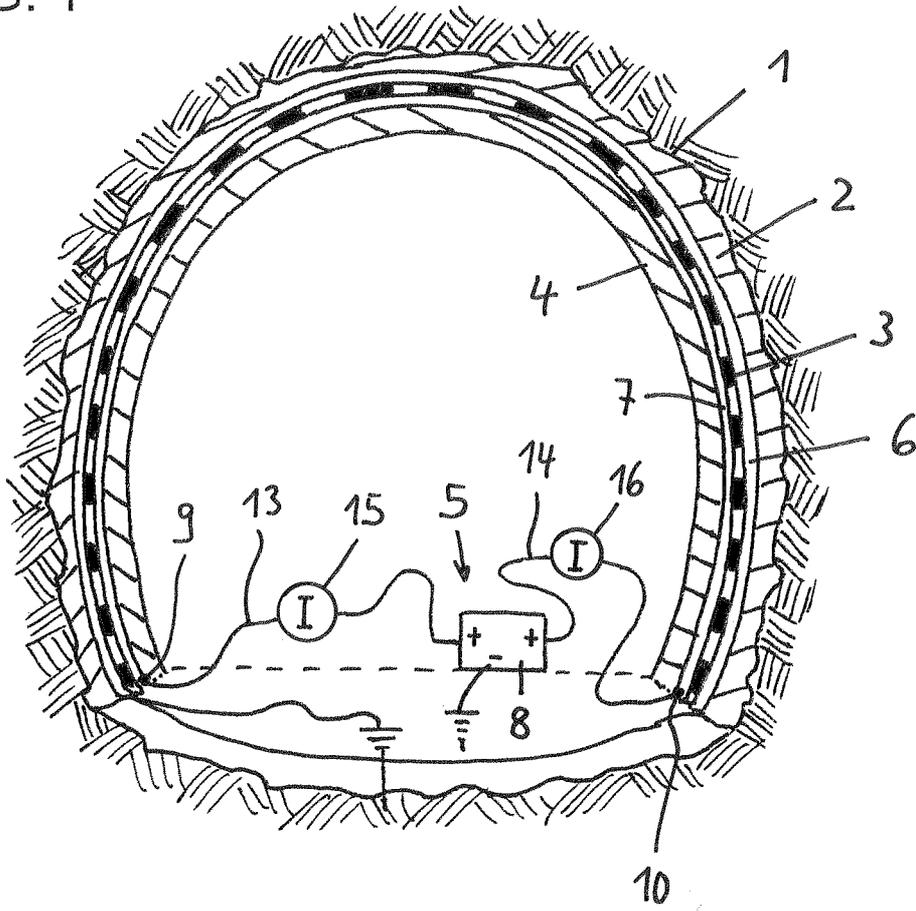


FIG. 2

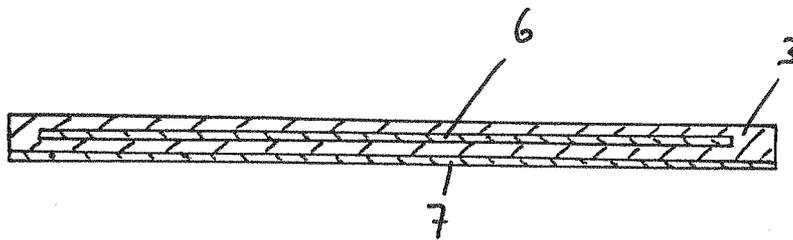


FIG. 3

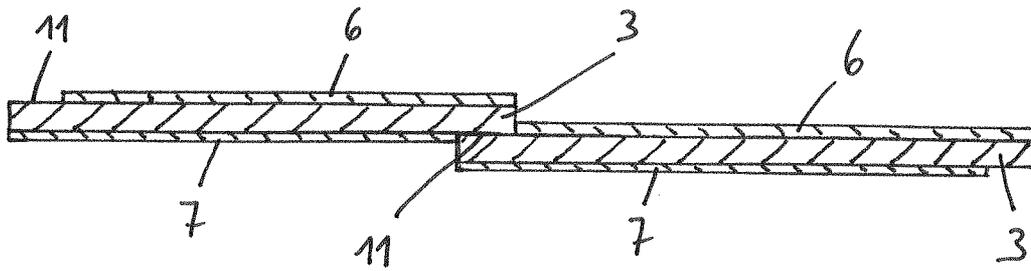


FIG. 4

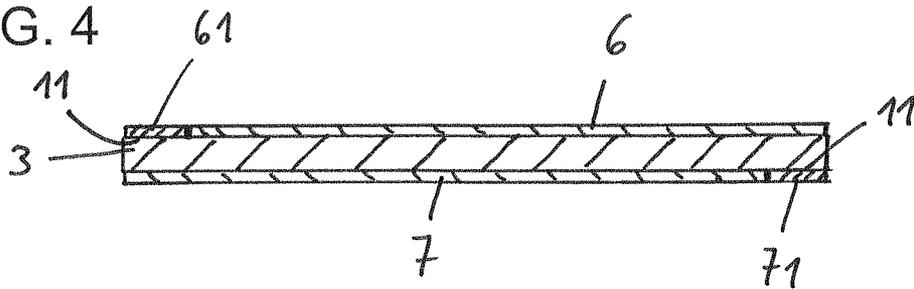


FIG. 5

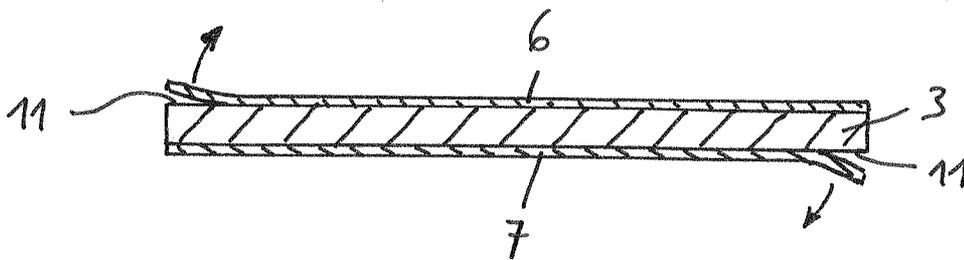
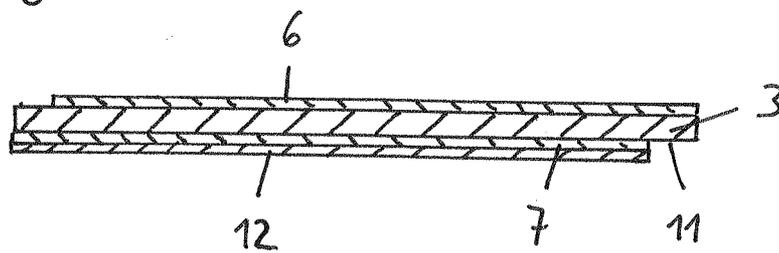


FIG. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/059322

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. E02D31/02

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)

E02D B09B G01M

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 525 278 A (FRANK DEPONIETECHNIK GMBH [DE]) 3 February 1993 (1993-02-03) cited in the application column 2, line 28 - column 3, line 20; figures 1-3	1-43
A	EP 1 659 224 A (DRC POLYMER PRODUCTS LTD [GB]) 24 May 2006 (2006-05-24) paragraph [0006] - paragraph [0021]; figure 2	1-43
A	US 6 648 552 B1 (SMITH ANN MARIE [US] ET AL) 18 November 2003 (2003-11-18) column 4, line 16 - column 10, line 43; figures 3-5	1-43
	----- -/-- -----	

 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

15 September 2009

Date of mailing of the international search report

23/09/2009

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Geiger, Harald

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/059322

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 004 070 A (VAN CAMP JOHN W [US]) 21 December 1999 (1999-12-21) column 2, line 45 - column 6, line 4; figures 1,5,7,9 -----	1-43

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2009/059322
--

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0525278	A	03-02-1993	AT 132401 T CA 2075018 A1 DE 4125430 A1 US 5362182 A	15-01-1996 02-02-1993 04-02-1993 08-11-1994
EP 1659224	A	24-05-2006	GB 2420313 A US 2006105163 A1	24-05-2006 18-05-2006
US 6648552	B1	18-11-2003	US 2004064979 A1	08-04-2004
US 6004070	A	21-12-1999	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/059322

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. E02D31/02

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
E02D B09B G01M

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 525 278 A (FRANK DEPONIETECHNIK GMBH [DE]) 3. Februar 1993 (1993-02-03) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeile 28 - Spalte 3, Zeile 20; Abbildungen 1-3	1-43
A	EP 1 659 224 A (DRC POLYMER PRODUCTS LTD [GB]) 24. Mai 2006 (2006-05-24) Absatz [0006] - Absatz [0021]; Abbildung 2	1-43
A	US 6 648 552 B1 (SMITH ANN MARIE [US] ET AL) 18. November 2003 (2003-11-18) Spalte 4, Zeile 16 - Spalte 10, Zeile 43; Abbildungen 3-5	1-43
A	US 6 004 070 A (VAN CAMP JOHN W [US]) 21. Dezember 1999 (1999-12-21) Spalte 2, Zeile 45 - Spalte 6, Zeile 4; Abbildungen 1,5,7,9	1-43

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

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> * 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 | <ul style="list-style-type: none"> *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 *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
|---|--|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
15. September 2009	23/09/2009

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

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/059322

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0525278	A	03-02-1993	AT 132401 T	15-01-1996
			CA 2075018 A1	02-02-1993
			DE 4125430 A1	04-02-1993
			US 5362182 A	08-11-1994
EP 1659224	A	24-05-2006	GB 2420313 A	24-05-2006
			US 2006105163 A1	18-05-2006
US 6648552	B1	18-11-2003	US 2004064979 A1	08-04-2004
US 6004070	A	21-12-1999	KEINE	