



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 696 087 A5

(51) Int. Cl.: G01N 27/20 (2006.01)
G01R 31/08 (2006.01)
G08B 21/20 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENT SCHRIFT**

(21) Gesuchsnummer: 00888/03

(22) Anmeldedatum: 19.05.2003

(24) Patent erteilt: 15.12.2006

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.12.2006

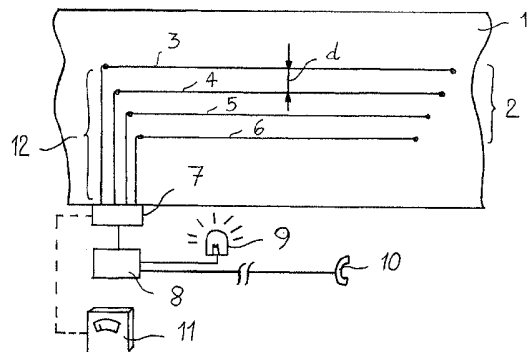
(73) Inhaber:
ELPRO-BUCHS AG, Langäulistrasse 62
9471 Buchs (CH)

(72) Erfinder:
Alois Bischof, 9470 Buchs SG (CH)
Andreas Gubler, 9468 Sax (CH)

(74) Vertreter:
Riederer Hasler & Partner Patentanwälte AG,
Elestastrasse 8
7310 Bad Ragaz (CH)

(54) **System und Verfahren zur Überprüfung eines Substrats auf Feuchtigkeitseinbrüche.**

(57) Es ist ein System zur Überprüfung eines Substrats auf Feuchtigkeitseinbrüche vorgeschlagen, welches wenigstens zwei elektrische Leiter (3–6), die in einem Abstand (d) von bis zu einigen Zentimetern, vorzugsweise 1 mm bis 10 mm voneinander, vorzugsweise parallel verlaufend in das elektrisch nicht leitfähige Substrat (1) eingebettet und im Normalfall gegenüber in der Umgebung des Substrats (1) auftretender Feuchtigkeit abgeschirmt sind, und eine Prüfeinrichtung (8) umfasst, die über eine am Substrat (1) vorgesehene Schnittstelle (7) mit den elektrischen Leitern (3–6) verbindbar ist. Die Prüfeinrichtung (8) ist derart ausgebildet, dass wenigstens eine elektrische Messgrösse erfassbar ist, die einen Rückschluss auf einen Feuchtigkeitseinbruch im Bereich der elektrischen Leiter (3–6) erlaubt, und bei Detektion eines Feuchtigkeitseinbruchs eine Warninformation generierbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System zur Überprüfung eines Substrats auf Feuchtigkeitseinbrüche. Die Erfindung betrifft auch die Verwendung des Systems und ein für den vorgenannten Zweck geeignetes Verfahren.

[0002] Im Strassenbau, bei Brücken, bei Trassen für Schienenfahrzeuge und dergleichen Anwendungen besteht immer die Gefahr, dass die Oberfläche beschädigt wird oder sich Risse bilden, durch welche Feuchtigkeit in den Fahrbahnaufbau oder in den Trassenunterbau eindringen kann. Durch den ständigen Temperaturwechsel, insbesondere durch Frost, kommt es an solchen Schadstellen zu grossflächigen Frostaufbrüchen oder gar zu Korrosionen an Strukturmaterialien. Jedes Jahr müssen daher für die Sanierung dieser Schäden an Strassen, Brücken, Trassen und dergleichen enorme Beträge investiert werden. Die laufenden grossflächigen Reparaturen führen auch zu Beeinträchtigungen des Strassen- und Schienenverkehrs durch Baustellen und erhöhen die Unfallgefahr.

[0003] Auch bei Hausfassaden kann es baubedingt oder infolge mangelhafter Verputzarbeiten oder wegen mit der Zeit durch Untergrundveränderungen auftretenden Spannungen im Gemäuer zu feinen Rissen in der Aussenhaut von Gebäuden kommen. Diese feinen Risse sind vorerst kaum sichtbar, ermöglichen es aber der Feuchtigkeit unter den Verputz einzudringen. Durch die witterungsbedingten Temperaturunterschiede, insbesondere durch Frost, aber auch durch die korrosive Wirkung der eindringenden Feuchtigkeit kann es dann zu grossflächigen Schäden kommen, die eine aufwändige Sanierung erforderlich machen, die für den Besitzer mit hohen Kosten verbunden ist. Bei Flachdächern mit oder ohne zusätzliche Begrünung besteht gleichfalls eine grosse Gefahr, dass bei Beschädigungen der Aussenhaut Feuchtigkeit eindringt, die zu Beschädigungen der Dachkonstruktion führen kann.

[0004] Bei speziellen Lagerbehältern für aggressive und/oder korrosive Flüssigkeiten, die nicht in die Umwelt gelangen sollen, können sich im Lauf der Zeit in den Beschichtungen der Tankinnenwandungen Schadstellen bilden, an denen die Flüssigkeit in das Strukturmaterial eindringen kann. Dies kann zu Beschädigungen der Tankinnenwandungen und zu Beeinträchtigungen der Rückhaltefunktion führen.

[0005] Bei all den vorgenannten und ähnlichen Anwendungen besteht daher ein grosses Interesse, einen Feuchtigkeitseinbruch rechtzeitig festzustellen. Dann kann die im Allgemeinen noch auf einen kleinen Bereich lokalisierte schadhafte Stelle festgestellt und repariert werden, bevor es zu grösseren Frostaufbrüchen, zu Korrosionsschäden oder dergleichen Beschädigungen des Substrats und des Strukturmaterials kommen kann, die eine aufwändige Grosssanierung erforderlich machen.

[0006] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine einfache und kostengünstige Möglichkeit zu schaffen, Feuchtigkeitseinbrüche in Substrate wie Strassenfahrbahnen, Schienentrassen, Brücken, Hauswände, Flachdächer, Wandungen von Lagerbehältern und dergleichen frühzeitig zu erkennen, damit rechtzeitig Gegenmassnahmen getroffen werden können.

[0007] Die Lösung dieser Aufgaben besteht in einem System zur Überprüfung eines Substrats auf Feuchtigkeitseinbrüche mit den im Patentanspruch 1 angeführten Merkmalen. Die zugehörige Verwendung des Systems und ein zugehöriges erfindungsgemässes Verfahren weisen die in den unabhängigen Verwendungs- bzw. Vorrichtungsansprüchen aufgelisteten Verfahrensschritte auf. Weiterbildungen und/oder vorteilhafte Ausführungsvarianten der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche der jeweiligen Kategorie.

[0008] Die Erfindung schlägt ein System zur Überprüfung eines Substrats auf Feuchtigkeitseinbrüche vor, welches wenigstens zwei elektrische Leiter, die in einem Abstand von bis zu einigen Zentimetern, beispielsweise bis zu 5 cm, vorzugsweise 1 mm bis 10 mm voneinander, vorzugsweise parallel verlaufend in das elektrisch nicht leitfähige Substrat eingebettet und im Normalfall gegenüber in der Umgebung des Substrats auftretender Feuchtigkeit abgeschirmt sind, und eine Prüfeinrichtung umfasst, die über eine am Substrat vorgesehene Schnittstelle mit den beiden elektrischen Leitern verbindbar ist. Die Prüfeinrichtung ist derart ausgebildet, dass wenigstens eine elektrische Messgrösse erfassbar ist, die einen Rückschluss auf einen Feuchtigkeitseinbruch im Bereich der elektrischen Leiter erlaubt, und bei Detektion eines Feuchtigkeitseinbruchs eine Warninformation generierbar ist.

[0009] Das System gemäss der Erfindung erlaubt es, einen Feuchtigkeitseinbruch in ein Substrat, beispielsweise eine Strassenfahrbahn oder eine Schienentrasse, ein Flachdach oder eine Hauswand, die Wandung eines Behälters und dergleichen mehr, frühzeitig zu erkennen. Ein Sensor in der Form von wenigstens zwei elektrischen Leitern ist in das Substrat eingebettet und im Normalfall gegenüber der Umgebung abgeschirmt. Bei Fahrbahnen und Brücken wird der Sensor beispielsweise auf dem Fahrbahnunterbau angeordnet, bevor der Deckbelag aufgebracht wird. Bei Tanks kann der Sensor unter einer Schutzbeschichtung angeordnet sein. Der Sensor kann dabei geradlinig oder in gekrümmten Bahnen verlaufend verlegt sein. Der Abstand der elektrischen Leiter ist derart gewählt, dass im Normalfall kein Kurzschluss auftreten kann, bei Feuchtigkeitseinbruch jedoch eine elektrische Verbindung geschaffen wird. Die Prüfeinrichtung ist über eine Schnittstelle mit den elektrischen Leitern in der Regel permanent verbunden oder gemäss einer Prüfvorschrift anschliessbar. Die Prüfeinrichtung ist zur Bestimmung wenigstens einer elektrischen Messgrösse ausgebildet, welche einen Rückschluss auf einen Feuchtigkeitseinbruch in das Substrat im Bereich der elektrischen Leiter erlaubt. Wird von der Prüfeinrichtung ein Feuchtigkeitseinbruch detektiert, dann erzeugt die Prüfeinrichtung eine Warninformation. Diese kann beispielsweise ein akustisches oder visuelles Alarmsignal sein. Ist die Prüfeinrichtung mit einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage verbunden, kann die Warninformation automatisch auf einer Anzeige ausgegeben werden. Die Prüfeinrichtung kann

aber auch derart ausgebildet sein, dass bei Detektion eines Feuchtigkeitseinbruchs beispielsweise eine bestimmte Telefonnummer angewählt und eine vorbereitete Nachricht übermittelt wird. Die Übermittlung kann beispielsweise auch als SMS oder in ähnlicher Form erfolgen. Die Prüfeinrichtung kann batteriegestützt oder vom Festnetz versorgt sein. Das erfindungsgemässe System zur Überprüfung eines Substrats auf Feuchtigkeitseinbrüche ist sehr einfach und kostengünstig im Aufbau. Der Sensor besteht im einfachsten Fall nur aus zwei elektrischen Leitern, die mit einer Schnittstelle verbunden sind. Die Prüfeinrichtung ist beispielsweise in Anlehnung an die Feuchtigkeits- und Temperaturdetektoren der Serie Eclog aufgebaut, die von der Anmelderin angeboten werden.

[0010] Insbesondere für Anwendungen im Strassen- oder Trassenbau für Schienen, bei Brücken aber auch bei Flachdächern erweist es sich von Vorteil, wenn die elektrischen Leiter in einem bandartigen Träger angeordnet sind, der gegenüber einer den Feuchtigkeitseinbruch verursachenden Substanz beständig und durchlässig ist. Indem die elektrischen Leiter in den bandartigen Träger eingewebt sind, ist ihr Abstand voneinander fixiert. Das Verlegen der elektrischen Leiter beschränkt sich auf das Verlegen des bandartigen Trägers, der beispielsweise von einer Rolle abgewickelt werden und bei Erreichen der gewünschten Länge einfach abgeschnitten werden kann. Das bandartige Trägermaterial ist gegenüber der die Feuchtigkeit verursachenden Substanz beständig und durchlässig. In der Regel handelt es sich bei der Substanz um ein wässriges Medium bzw. um Wasser.

[0011] Gerade bei wässrigen Medien bzw. bei Wasser erweist es sich als vorteilhaft, wenn der bandartige Träger hygroskopisch ist. Dadurch werden auch kleine Feuchtigkeitsmengen vom Trägermaterial angezogen und können detektiert werden. Auf diese Weise kann ein Feuchtigkeitseinbruch bereits im Anfangsstadium zuverlässig erfasst werden.

[0012] Das Gewebeband ist aus einem fasrigen Material hergestellt. Insbesondere handelt es sich dabei um Textilfasern, wie beispielsweise Nylon- oder Baumwollfasern oder um Mineralfasern, beispielsweise Glasfasern, oder um eine Faser-gemisch. Für viele Anwendung erweist es sich von Vorteil, wenn das Gewebeband aus einer Mineralfaser besteht. Die Mineralfasern werden dabei beispielsweise nach ihrer Hitzebeständigkeit, beispielsweise für Anwendungen im Fahrbahn- oder Trassenbau, aber auch bei Flachdächern, ausgewählt. Ein weiterer Vorteil von Mineralfasern ist die im Allgemeinen fehlende elektrische Leitfähigkeit, so dass die eingewebten elektrischen Leiter im Normalzustand voneinander elektrisch isoliert sind.

[0013] In einer Variante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Sensor aus mehr als zwei elektrischen Leitern besteht. Die elektrischen Leiter sind alle mit der am Substrat vorgesehenen Schnittstelle verbunden und jeweils wenigstens paarweise ansteuerbar. Die Verbindung erfolgt mit Vorteil über ein elektrisch isoliertes und vorzugsweise wasserabstossendes Leiterverbindungsstück, um Randeinflüsse von den Schnittstellen zu verhindern. Indem mehrere elektrische Leiter vorgesehen sind, können durch verschiedene Kombinationen der Leiter miteinander von der Prüfeinrichtung Kontrollmessungen durchgeführt werden, um das Ereignis eines Feuchtigkeitseinbruchs zuverlässig zu bestimmen und fehlerhafte Alarmierungen gänzlich auszuschliessen.

[0014] Zweckmässigerweise ist der Sensor kein Einwegsensoren sondern sind die elektrischen Leiter gegenüber der den Feuchtigkeitseinbruch verursachenden Substanz beständig. Das heisst für die üblichen Anwendungen als Wassersensoren, dass für die elektrischen Leiter Materialien gewählt werden, die insbesondere korrosionsbeständig sind. Für Spezialanwendungen, wie beispielsweise die Überwachung der beschichteten Wandungen von Lagerbehältern für Öl oder andere Substanzen, ist eine Beständigkeit gegenüber den gelagerten Substanzen ein wesentliches Auswahlkriterium.

[0015] In einer zweckmässigen Ausführungsvariante der Erfindung ist die von der Prüfeinrichtung zu bestimmende elektrische Grösse der elektrische Leitwert bzw. der elektrische Widerstand. Dabei kann es sich beispielsweise um eine Schwellwertmessung mit digitaler Auswertung oder um eine Zustandsauswertung handeln. In einem ideal isolierenden Substrat ist der zwischen den beiden elektrischen Leitern gemessene Leitwert üblicherweise gleich Null oder sehr klein bzw. ist der elektrische Widerstand unendlich gross bzw. sehr gross. Im Fall eines Wassereintruchs verändert sich der Leitwert sprunghaft auf einen Wert, der deutlich grösser als Null ist, bzw. der elektrische Widerstand verringert sich und erreicht eine endliche Grösse. Diese Veränderung gegenüber dem Normalzustand wird detektiert. Bei schwach leitfähigen Substraten weist der Leitwert im Normalzustand einen gewissen Wert auf bzw. wird zwischen den beiden Leitern ein endlicher Widerstand gemessen. Bei Vorliegen einer Veränderung der beobachteten elektrischen Messgrösse wird die Warninformation erzeugt.

[0016] Es kann vorgesehen sein, dass die Prüfeinrichtung nach einem vorgeschriebenen Prüfschema in periodischen Abständen an die Schnittstelle zu den elektrischen Leitern angeschlossen wird, um die Messung durchzuführen. Vorzugsweise ist die Prüfeinrichtung jedoch permanent über die Schnittstelle mit den elektrischen Leitern verbunden. Dann wird in vorgebbaren Prüfintervallen die wenigstens eine elektrische Messgrösse bestimmt und mit einem vorgebbaren Schwellwert verglichen. Bei Über- bzw. Unterschreiten des Schwellwertes wird die Warninformation generiert. Die permanente Anordnung des System weist den Vorteil auf, dass eine lückenlose Überwachung des Substrats auf Feuchtigkeitseinbrüche ermöglicht ist. Bei Anwendungen im Strassen- oder im Trassenbau kann beispielsweise die vorhandene Infrastruktur für die Energieversorgung und für die Daten- und Informationsübermittlung benutzt werden.

[0017] Die Einfachheit des Sensors erlaubt die Anpassung der Länge des zu überwachenden Substrats an die vorhandene Infrastruktur. So kann der Sensor abschnittsweise beispielsweise in Längen von 100 m bis 3 km vorgesehen sein. Am Anfangs- und/oder Endabschnitt des Substrats ist jeweils eine Schnittstelle für die Prüfeinrichtung vorgesehen, an welche die Prüfeinrichtung anschliessbar bzw. permanent angeschlossen ist. Bei Fahrbahnen von Autobahnen können

die Schnittstellen beispielsweise im Bereich der Notrufsäulen angeordnet sein. Dort sind eine Energieversorgung und ein Zugang zu einer fernmeldlichen Übertragung einer allfälligen Warninformation an eine Zentrale bereits vorhanden.

[0018] In der Grundausstattung umfasst das System den aus wenigstens zwei elektrischen Leitern bestehenden Sensor und die Prüfeinrichtung die vorteilhaft permanent mit den Leitern verbunden ist. In einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung umfasst das System ein Prüfgerät, welches bei Bedarf parallel zur Prüfeinrichtung an die am Substrat vorgesehene Schnittstelle anschliessbar und mit den elektrischen Leitern verbindbar ist. Das Prüfgerät ist zur Lokalisierung des Ortes des Feuchtigkeitseinbruches ausgebildet. Dabei basiert das Messprinzip des Prüfgeräts beispielsweise auf dem Prinzip der Laufzeitmessung eines aufgeprägten Impulses. Dabei wird die Laufdauer des am Impedanzsprung an der Fehlerstelle reflektierten Impulses gemessen und daraus auf den Ort der Fehlerstelle zurückgeschlossen. Derartige Messgeräte sind an sich bereits aus der Elektrotechnik als Kabelprüfgeräte zur Suche von Fehlern bei Elektrokabeln bekannt. Bei der erfindungsgemässen Anwendung eines derartigen Messgeräts wird jedoch nicht der Ort eines Fehlers in den elektrischen Leitern bestimmt, sondern es wird ein Fehler im die elektrischen Leiter umgebenden Substrat ausgemessen und lokalisiert.

[0019] Das erfindungsgemässe System eignet sich insbesondere für die frühzeitige Feststellung von Feuchtigkeitseinbrüchen, insbesondere von Wassereintrüben, in korrosionsgefährdeten und/oder frostschadengefährdeten Substraten. Die Substrate können beispielsweise Abschnitte einer Fahrbahn oder einer Trasse für Schienenfahrzeuge oder dergleichen sein. Dabei ist der Sensor in die Fahrbahn bzw. die Trasse eingebettet. Die Schnittstellen für den Anschluss der Prüfeinrichtung sind beispielsweise in Abständen von 1 km bis 3 km am Fahrbahn- bzw. am Trassenrand angeordnet. Üblicherweise sind die Prüfeinrichtungen permanent an die Schnittstellen angeschlossen, damit die Überwachung laufend erfolgen kann.

[0020] Das erfindungsgemässe Verfahren zur Überprüfung eines Substrats auf Feuchtigkeitseinbrüche ist einfach durchführbar. Die Aufwendungen bestehen im Wesentlichen nur darin, dass ein Sensor, der permanent in das zu untersuchende Substrat eingebettet ist und im Normalfall gegenüber Feuchtigkeit abgeschirmt ist, mit einer Prüfeinrichtung überwacht wird. Die Prüfeinrichtung ist über eine am Substrat vorgesehene Schnittstelle üblicherweise ständig mit dem Sensor verbunden und steuert diesen in vorgebbaren Prüfintervallen an. Dabei wird wenigstens eine elektrische Messgrösse bestimmt, die Rückschlüsse auf einen Feuchtigkeitseinbruch im Bereich des Sensors erlaubt. Der gemessene Wert der elektrischen Messgrösse wird mit einem vorgebbaren Schwellenwert verglichen. Bei einer Über- bzw. Unterschreitung des Schwellenwertes wird von der Prüfeinrichtung eine Warninformation generiert. Die für die Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens erforderlichen Komponenten sind einfach zusammenstellbar und erfordern keine grossen Investitionen. Das Verfahren eignet sich für eine sporadische Überprüfung gemäss einem Prüfkonzept genauso wie für eine permanente Überwachung.

[0021] Besonders zweckmässig und kostengünstig lässt sich das Verfahren durchführen, wenn als Sensor wenigstens zwei elektrische Leiter eingesetzt werden, die in einem Abstand von bis zu einigen Zentimetern, beispielsweise bis zu 5 cm, vorzugsweise 1 mm bis 10 mm voneinander, vorzugsweise parallel verlaufend in das elektrisch nicht leitfähige Substrat eingebettet. Im Normalfall sind die elektrischen Leiter dann gegenüber in der Umgebung des Substrats auftretender Feuchtigkeit abgeschirmt. Die Prüfeinrichtung, die über eine am Substrat vorgesehene Schnittstelle mit den beiden elektrischen Leitern verbunden ist, ermöglicht beispielsweise die Bestimmung des elektrischen Leitwertes bzw. des elektrischen Widerstands der angesteuerten elektrischen Leiter. Bei Messung eines von der Norm abweichenden Leitwertes bzw. Widerstands wird die Warninformation generiert.

[0022] Bei der Verwendung eines Sensors, der mehr als zwei elektrische Leiter umfasst, können beispielsweise durch verschiedene paarweise Kombinationen der ausgemessenen elektrischen Leiter Fehler in der Messroutine erkannt und vermieden werden.

[0023] Wenn die elektrischen Leiter in einen streifenförmigen Träger eingewebt sind, der vorzugsweise aus einem mineralischen Gewebe besteht, welches feuchtigkeitsdurchlässig und vorzugsweise hygroskopisch ist, ist die Verlegung der elektrischen Leiter in das Substrat erleichtert. Beim Bau einer Fahrbahn oder einer Trasse wird zur Erstellung des Systems beispielsweise der mit den Leitern versehene Streifen auf die Unterfahrbahn aufgebracht, bevor der heisse Asphalt darüber gegossen wird.

[0024] Das erfindungsgemässe Verfahren erlaubt auch eine Fernalarmierung, indem die von der Prüfeinrichtung bei Detektion eines Feuchtigkeitseinbruchs automatisch generierte Warninformation über Telekommunikationseinrichtungen an eine Warnzentrale weitergeleitet wird. Dazu ist beispielsweise die Prüfeinrichtung mit einem automatischen Wählsystem ausgestattet, welches eine zuvor eingespeicherte Telefonnummer anwählt und über das Fernmeldenetz die generierte Warninformation übermittelt.

[0025] Nachdem in einem ersten Schritt ein Feuchtigkeitseinbruch in das Substrat festgestellt wurde, kann in einem zweiten Schritt der Ort des Feuchtigkeitseinbruchs lokalisiert werden. Dazu wird ein höher ortsauflösendes Messgerät parallel zu der Prüfeinrichtung mit dem in das Substrat eingebetteten Sensor verbunden und der Ort des Wassereintrübens detektiert.

[0026] In einer Ausführungsvariante der Erfindung wird für die Lokalisierung des Feuchtigkeitseinbruchs ein Tester für metallische Kabel eingesetzt, der beispielsweise auf der Basis der Laufzeitmessung von Impulsen betrieben wird. Der Tester misst die Laufzeit, die ein eingepprägter und am Impedanzsprung der Fehlerstelle reflektierter Impuls für den Hin- und

Rückweg benötigt und errechnet daraus den Ort des Feuchtigkeitseinbruchs. Durch eine geeignete Modellierung des eingepprägten Impulses kann auch über die Fehlstelle hinweg gemessen werden. Auf diese Weise können auch zwei oder mehrere Fehlstellen hintereinander lokalisiert werden. Andererseits kann der Tester aber auch an die Schnittstelle der anderen Enden der elektrischen Leiter angeschlossen werden, um aus der dort gemessenen Laufzeit darauf zurück zu schliessen, ob es sich um einen oder um zwei verschiedene Bereiche eines Feuchtigkeitseinbruchs handelt.

[0027] Das erfindungsgemässe Verfahren bietet sich insbesondere für die laufende Überwachung von Strassenfahrbahnen oder Trassen für Schienenfahrzeuge an. In diesem Fall sind die elektrischen Leiter mit Vorteil in ein Gewebeband eingewebt. Das Gewebeband mit den elektrischen Leitern ist feuchtigkeitsdicht in die Fahrbahn bzw. in die Trasse eingebettet. Die Anschlussschnittstellen für die Prüfeinrichtungen sind am Rand der Fahrbahn bzw. der Trasse angeordnet. Die Prüfeinrichtung ist mit Vorteil permanent mit den Schnittstellen verbunden und steuert den Sensor in vorgebbaren Intervallen an. Bei Autobahnen können die Prüfeinrichtungen beispielsweise im Abstand der bereits vorhandenen Notrufsäulen angeordnet werden. Dies hat den Vorteil, dass die dort vorhandene Infrastruktur, insbesondere Energieversorgung, genutzt und ein direkter Anschluss in das Fernmeldenetz besteht. Die moderne Mobilfunktechnologie ermöglicht aber auch den Einsatz batteriegestützter Systeme, die mit Mobilfunkanlagen in Verbindung stehen, um nötigenfalls die generierte Warninformation zu übermitteln.

[0028] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer beispielsweise Variante des erfindungsgemässen Systems unter Bezugnahme auf die nicht massstabsgetreue Zeichnung.

[0029] Die einzige schematische Zeichnung, die auch zur Illustration des erfindungsgemässen Verfahrens dient, zeigt einen Abschnitt einer Strassenfahrbahn 1, die mit einem erfindungsgemässen System zur Überprüfung eines Substrats auf Feuchtigkeitseinbrüche ausgestattet ist. Die Strassenfahrbahn 1 ist dabei ohne Deckbelag aus Asphalt oder Beton dargestellt. Die Darstellung zeigt, dass auf die Fahrbahn 1 ein Sensor 2 aufgebracht ist, der gemäss dem dargestellten Ausführungsbeispiel 4 elektrische Leiter 3, 4, 5, 6 umfasst. Grundsätzlich kann der Sensor 2 auch noch mehr oder auch weniger elektrische Leiter umfassen, solange ein Minimum, von zwei elektrischen Leitern gewährleistet ist. Die elektrischen Leiter 3–6 sind im Wesentlichen parallel zueinander verlaufend angeordnet und können geradlinig oder gekrümmt verlaufend verlegt sein. Sie weisen voneinander einen Abstand d auf, der bis zu einigen Zentimetern, beispielsweise bis zu etwa 5 cm betragen kann. In einer vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung beträgt der Abstand der elektrischen Leiter 3–6 etwa 1 mm bis etwa 10 mm. Die elektrischen Leiter 3–6 sind bei der fertigen Fahrbahn in den Deckbelag eingebettet. Dadurch sind sie im Normalfall auch gegenüber Feuchtigkeitseinflüssen abgeschirmt. Im Normalfall sind die elektrischen Leiter voneinander auch im Wesentlichen elektrisch isoliert, da der Deckbelag üblicherweise elektrisch nicht oder nur geringfügig leitfähig ist.

[0030] Es erweist sich von Vorteil, wenn die elektrischen Leiter 3–6 in ein bandartiges Gewebe, das vorzugsweise aus einer mineralischen Faser besteht, eingewebt sind. Dadurch ist die räumliche Beziehung der elektrischen Leiter zueinander festgelegt. Insbesondere bei kleinen Abständen der elektrischen Leiter voneinander ist durch die Einbindung in das Gewebe die Gefahr eines Kurzschlusses der Leiter untereinander zuverlässig verhindert. Das Gewebeband weist beispielsweise eine Breite von 30 mm bis 50 mm auf. Es kann aufgerollt und dadurch einfach gelagert werden. Zur Herstellung des Systems wird einfach die gewünschte Länge vom Band abgerollt und auf die Unterfahrbahn verlegt. Das Gewebeband ist feuchtigkeitsdurchlässig und besteht aus einer mineralischen Faser, die vorzugsweise hygroskopisch ist, damit auch geringe Mengen von Feuchtigkeit zu den elektrischen Leitern transportiert werden.

[0031] An ihren Enden sind die elektrischen Leiter 3–6 mit einer am Fahrbahnrand angeordneten Schnittstelle 7 verbunden. Die Schnittstelle 7 ist als ein fester Bestandteil der Fahrbahninstallation ausgebildet und kann bei Autobahnen beispielsweise im Abstand der ohnehin vorgesehenen Notrufsäulen angeordnet sein. Ganz allgemein können die Schnittstellen in einem Abstand von 100 m bis 3 km angeordnet sein. Die angegebenen Längen entsprechen dann auch den Längen der in aufeinander folgende Fahrbahnabschnitte eingebetteten elektrischen Leiter 3–6. In der Fig. ist nur ein Ende der elektrischen Leiter 3–6 an eine Schnittstelle 7 angeschlossen. Es versteht sich, dass auch das zweite Ende mit einer analog ausgebildeten Schnittstelle versehen sein kann. Für die Funktion des erfindungsgemässen Systems ist die zweite Schnittstelle jedoch keine Voraussetzung; es reicht auch, wie dargestellt, eine einzige Schnittstelle 7 pro Fahrbahnabschnitt 1 aus. Wie in der Darstellung angedeutet ist, sind die einzelnen elektrischen Leiter 3–6 über ein Leiterverbindungsstück 12 mit der am Fahrbahnrand angeordneten Schnittstelle 7 verbunden. Das Leiterverbindungsstück 12 umfasst eine gleich grosse Anzahl von Leitern wie der Sensor 2. Diese sind isoliert und vorzugsweise in eine wasserabstossende Matrix eingebettet. Dadurch ist sichergestellt, dass die Messergebnisse des interessierenden Fahrbahnabschnitts 1 nicht durch Randeffekte der Schnittstellen 7 bzw. der Leiterverbindungsstücke 12 beeinflusst werden. Im Fall der Fahrbahn handelt es sich beispielsweise um teflonisierte elektrische Leiterabschnitte. Diese halten auch den bei der Fahrbahnerstellung auftretenden hohen Temperaturen stand.

[0032] Die Schnittstelle 7 dient zum Anschluss einer Prüfeinrichtung 8, die zur Bestimmung wenigstens einer elektrischen Messgrösse ausgebildet ist, aus der auf einen Feuchtigkeitseinbruch in den Bereich der elektrischen Leiter 3–6 zurückgeschlossen werden kann. Beispielsweise handelt es sich bei der Prüfeinrichtung 8 um ein Messgerät, welches den elektrischen Leitwert bzw. den elektrischen Widerstand zwischen einem elektrischen Leiterpaar bestimmt und aus der Veränderung gegenüber einem Normalwert auf einen Feuchtigkeitseinbruch in den Bereich der elektrischen Leiter zurück schliesst. Im Normalfall sind die elektrischen Leiter 3–6 voneinander elektrisch isoliert. Somit misst die Prüfeinrichtung 8 zwischen zwei elektrischen Leitern 3–6 einen elektrischen Leitwert gleich Null bzw. einen unendlich grossen elektrischen

Widerstand. Im Fall eines gering leitfähigen Substrats ist der Leitwert von Null verschieden bzw. weist der elektrische Widerstand einen sehr hohen, aber endlichen Wert auf. Gelangt Feuchtigkeit in den Bereich der elektrischen Leiter 3–6, verändert sich der elektrische Leitwert bzw. der elektrische Widerstand zwischen zwei Leitern. Aus dieser Änderung der elektrischen Messgrösse kann auf einen Feuchtigkeitseinbruch zurückgeschlossen werden. Im Regelfall reicht dazu ein Sensor 2 mit nur zwei elektrischen Leitern aus. Ein Sensor 2 mit mehr als zwei elektrischen Leitern, beispielsweise mit vier elektrischen Leitern 3–6, weist den Vorteil auf, dass der Leitwert bzw. der elektrische Widerstand zwischen verschiedenen Leiterpaaren bestimmt und die Messwerte miteinander verglichen werden können. Dadurch können Fehlmessungen und Fehlinterpretationen der Messergebnisse, beispielsweise infolge eines Leiterbruches, vermieden werden.

[0033] Eine Leitwertbestimmung kann daher beispielsweise durch eine Schwellwertmessung mit digitaler Auswertung oder durch eine Zustandsauswertung erfolgen. Ein Leitwert gleich Null bzw. ein sehr tiefer Leitwert bedeutet, dass die betrachteten Leiter ideal voneinander isoliert sind und die Umgebung der elektrischen Leiter trocken ist. Ein Leitwert, der deutlich von Null verschieden ist, deutet auf einen Feuchtigkeitseinbruch hin. Oft erweist es sich als zweckmässig, für die betrachtete elektrische Messgrösse in Abhängigkeit des Substrats einen Schwellenwert zu definieren. Erst wenn der Schwellenwert über- bzw. unterschritten wird, schliesst die Prüfeinrichtung 8 auf das Vorliegen eines Feuchtigkeitseinbruches im Bereich der elektrischen Leiter und generiert eine Warninformation. Dazu ist die Prüfeinrichtung 8 beispielsweise an eine akustische oder an eine optische Alarmeinrichtung 9 angeschlossen, die bei Feuchtigkeitseinbruch durch die von der Prüfeinrichtung 8 generierte Warninformation aktiviert wird. In einer alternativen Ausführungsvariante des erfindungsgemässen Systems ist die Prüfeinrichtung mit einer Wähleinrichtung ausgestattet. Dann kann die Warninformation auch über ein Fernmeldenetz 10 weitergegeben werden. Beispielsweise kann auf diese Weise eine SMS Nachricht oder eine zuvor abgespeicherte gesprochene Nachricht an eine Alarmzentrale (EMail, Efax oder Handy) übermittelt werden. Die Verbindung über ein Fernmeldenetz erlaubt es auch, die Prüfeinrichtung 8 fernabzufragen. Eine dafür geeignete Prüfeinrichtung 8 ist beispielsweise nach der Art der von der Anmelderin vertriebenen Datenlogger des Typs Ecolog ausgebildet. Die Prüfeinrichtung 8 ist vorzugsweise permanent mit der Schnittstelle verbunden. Dadurch kann der Fahrbahnabschnitt permanent überwacht werden, wobei die Prüfeinrichtung 8 die elektrischen Leiter 3–6 in vorgebbaren Prüfintervallen nach einem vorgegebenen Prüfablauf ansteuert und beispielsweise den elektrischen Leitwert bzw. den elektrischen Widerstand zwischen den Leiterpaaren bestimmt.

[0034] In einer erweiterten Variante des erfindungsgemässen Systems umfasst dieses ein Prüfgerät 11 zur genauen Lokalisierung des Feuchtigkeitseinbruchs. Das Prüfgerät 11 ist parallel zur Prüfeinrichtung 8 an die Schnittstelle 7 angeschlossen. Derartige Prüfgeräte 11 sind als Kabelprüfer zur Lokalisierung von Fehlstellen in elektrischen Kabeln hinreichend bekannt. Das Messprinzip dieser Time Domain Reflektometer genannten Geräte beruht auf der Laufzeitmessung eines ausgesandten hochfrequenten Impulses, der am Impedanzsprung einer Fehlstelle reflektiert wird. Zum Unterschied vom Einsatz dieser Geräte bei der Fehlersuche in elektrischen Stromkabeln wird bei der erfindungsgemässen Anwendung dieser Geräte nicht der Fehler in einem elektrischen Leiter, sondern die Fehlstelle, nämlich der Feuchtigkeitseinbruch, in der unmittelbaren Nachbarschaft der ausgemessenen elektrischen Leiter 3–6 lokalisiert.

[0035] Eine Lokalisierung eines Feuchtigkeitseinbruchs in einen Fahrbahnabschnitt 1 unter Verwendung des erfindungsgemässen erweiterten Systems besteht somit aus zwei Schritten. Im ersten Schritt wird durch permanente oder periodische Überwachung des in den Fahrbahnabschnitt 1 eingebetteten Sensors 2 durch die Prüfeinrichtung 8 ein Feuchtigkeitseinbruch festgestellt und eine Warninformation generiert. Danach kann in einem zweiten Schritt durch den Einsatz des an sich für andere Anwendungen bekannten Kabelprüfgeräts 11 der Ort des Feuchtigkeitseinbruchs sehr genau bestimmt werden. Dies hat den Vorteil, dass zur frühzeitigen Behebung des noch relativ kleinen Schadens keine grossflächige Sanierung erforderlich ist. Es genügt, die Fahrbahn im Umgebungsbereich des lokalisierten Feuchtigkeitseinbruchs zu reparieren.

[0036] Das erfindungsgemässe System wurde am Beispiel der Verwendung für Fahrbahnabschnitte erläutert. Es versteht sich, dass das System auch bei Trassen für Schienen, bei Brücken, bei Flachdächern, bei Gebäudefassaden etc. und sogar bei beschichteten Wandungen von Behältern eingesetzt werden kann. In vielen Fällen reicht dabei ein System umfassend einen Sensor 2 samt Schnittstelle 7 und eine Prüfeinrichtung 8 aus, um rechtzeitig einen Feuchtigkeitseinbruch festzustellen. Eine gesonderte genaue Lokalisierung ist oft gar nicht mehr erforderlich. Bei grossflächigen Überwachungen, wie sie beispielsweise bei Fahrbahnen oder bei Trassen für Schienen auftreten können, bietet sich der Einsatz des um ein Prüfgerät für die Lokalisierung des Feuchtigkeitseinbruchs erweiterten Systems an. Mit Hinblick auf die Überwachung von beschichteten Wandungen von Behältern ist auch festzuhalten, dass es sich bei der den Feuchtigkeitseinbruch verursachenden Substanz nicht unbedingt um Wasser oder um wässrige Lösungen handeln muss. Mit dem erfindungsgemässen System sind auch Feuchtigkeitseinbrüche, die durch Öl oder ölhaltige Substanzen oder durch flüssige Chemikalien verursacht werden, feststellbar. In solchen Anwendungsfällen müssen die Materialien für die elektrischen Leiter in Abhängigkeit der zu überwachenden Substanzen ausgewählt werden. Insbesondere muss sichergestellt sein, dass die elektrischen Leiter und gegebenenfalls das Trägergewebe von den Substanzen nicht angegriffen werden.

Patentsprüche

1. System zur Überprüfung eines Substrats auf Feuchtigkeitseinbrüche, umfassend wenigstens zwei elektrische Leiter (3–6), die in einem Abstand von bis zu einigen Zentimetern, vorzugsweise 10 mm voneinander, vorzugsweise parallel verlaufend in das elektrisch nicht leitfähige Substrat (1) eingebettet und im Normalfall gegenüber in der Umgebung

- des Substrats (1) auftretender Feuchtigkeit abgeschirmt sind, und eine Prüfeinrichtung (8), welche über eine am Substrat (1) vorgesehene Schnittstelle (7) mit den elektrischen Leitern (3–6) verbindbar und derart ausgebildet ist, dass wenigstens eine elektrische Messgrösse erfassbar ist, welche einen Rückschluss auf einen Feuchtigkeitseinbruch im Bereich der elektrischen Leiter (3–6) erlaubt, und bei Detektion eines Feuchtigkeitseinbruchs eine Warninformation generierbar ist.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Leiter (3–6) in einem bandartigen Träger angeordnet sind, der gegenüber einer den Feuchtigkeitseinbruch verursachenden Substanz beständig und durchlässig ist.
 3. System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Substanz ein wässriges Medium bzw. Wasser ist.
 4. System nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der bandartige Träger hygroskopisch ist.
 5. System nach einem der Ansprüche 2–4, dadurch gekennzeichnet, dass bandartige Träger ein Gewebeband aus einem fasrigen Material, vorzugsweise aus Textilfasern oder Mineralfasern oder einem Fasergemisch ist.
 6. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehr als zwei elektrische Leiter (3–6) vorgesehen sind, die mit der am Substrat vorgesehenen Schnittstelle (7) verbunden und wenigstens paarweise ansteuerbar sind.
 7. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Leiter (3–6) gegenüber der den Feuchtigkeitseinbruch verursachenden Substanz beständig sind.
 8. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfeinrichtung (8) zur Bestimmung des elektrischen Leitwerts bzw. des elektrischen Widerstands ausgebildet ist.
 9. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfeinrichtung (8) permanent mit der Schnittstelle (7) verbunden ist und in vorgebbaren Prüfintervallen wenigstens eine elektrische Messgrösse bestimmt und mit einem vorgebbaren Schwellenwert vergleicht und bei Über- bzw. Unterschreiten des Schwellenwertes die Warninformation generiert.
 10. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zu überwachende Substrat (1) ein Abschnitt einer Fahrbahn oder einer Trasse für Schienenfahrzeuge ist, dessen Länge vorzugsweise 100 m bis 3 km beträgt.
 11. System nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Leiter (3–6), die vorzugsweise in ein Gewebeband eingewebt sind, feuchtigkeitsdicht in die Fahrbahn bzw. in die Trasse für Schienenfahrzeuge eingebettet sind und mit Anschlussstellen (7) für die Prüfeinrichtungen (8) verbunden sind, die am Rand der Fahrbahn bzw. der Trasse angeordnet sind.
 12. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, weiters umfassend ein Prüfgerät (11), welches bei Bedarf parallel zur Prüfeinrichtung (8) an die am Substrat (1) vorgesehene Schnittstelle (7) anschliessbar und mit den elektrischen Leitern (3–6) verbindbar ist und zur Lokalisierung des Ortes des Feuchtigkeitseinbruchs ausgebildet ist.
 13. System nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Prüfgerät (11) ein Kabelprüfgerät auf Basis der Laufzeitmessung eines aufgeprägten Impulses ist.
 14. Verwendung eines Systems gemäss einem der Ansprüche 1–13 zur Feststellung von Feuchtigkeitseinbrüchen, insbesondere von Wassereintrüben, in korrosionsgefährdeten und/oder frostschadengefährdeten Substraten.
 15. Verwendung eines Systems gemäss einem der Ansprüche 1–13 zur Feststellung und Lokalisierung von Wassereintrüben in Abschnitten einer Fahrbahn oder einer Trasse für Schienenfahrzeuge.
 16. Verfahren zur Überprüfung eines Substrats auf Feuchtigkeitseinbrüche, bei dem ein normalerweise feuchtigkeitsdicht in das Substrat (1) eingebetteter Sensor (2), der mit einer Prüfeinrichtung (8) verbunden ist, in vorgebbaren Prüfintervallen angesteuert und wenigstens eine elektrische Messgrösse bestimmt wird, die mit einem vorgebbaren Schwellenwert verglichen wird, und bei Über- bzw. Unterschreiten des Schwellenwertes von der Prüfeinrichtung eine Warninformation generiert wird.
 17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass als Sensor (2) wenigstens zwei elektrische Leiter (3–6) eingesetzt werden, die in einem Abstand (d) von bis zu einigen Zentimetern, vorzugsweise 1 mm bis 10 mm, voneinander, vorzugsweise parallel verlaufend in das elektrisch nicht leitfähige Substrat (1) eingebettet und im Normalfall gegenüber in der Umgebung des Substrats (1) auftretender Feuchtigkeit abgeschirmt sind, und dass die Prüfeinrichtung (8), die über eine am Substrat (1) vorgesehene Schnittstelle (7) mit den elektrischen Leitern (3–6) verbunden ist, zur Bestimmung des elektrischen Leitwerts bzw. des elektrischen Widerstands der angesteuerten elektrischen Leiter (3–6) ausgebildet ist.
 18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sensor (2) eingesetzt wird, der mehr als zwei elektrische Leiter (3–6) aufweist, die jeweils wenigstens paarweise angesteuert werden.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Leiter (3–6) in einen streifenförmigen Träger eingewebt werden, der vorzugsweise aus einem mineralischen Gewebe besteht, welches feuchtigkeitsdurchlässig und vorzugsweise hygroskopisch ist.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Prüfeinrichtung (8) bei Detektion eines Feuchtigkeitseinbruchs automatisch generierte Warninformation über Telekommunikationseinrichtungen an eine Warnzentrale weitergeleitet wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Detektion eines Feuchtigkeitseinbruchs in das Substrat (1) in einem zweiten Schritt der Ort des Feuchtigkeitseinbruchs lokalisiert wird.
22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Lokalisierung des Feuchtigkeitseinbruchs unter Verwendung eines Prüfgeräts (11) für metallische Kabel erfolgt, das beispielsweise auf der Basis der Laufzeitmessung von Impulsen betrieben wird.

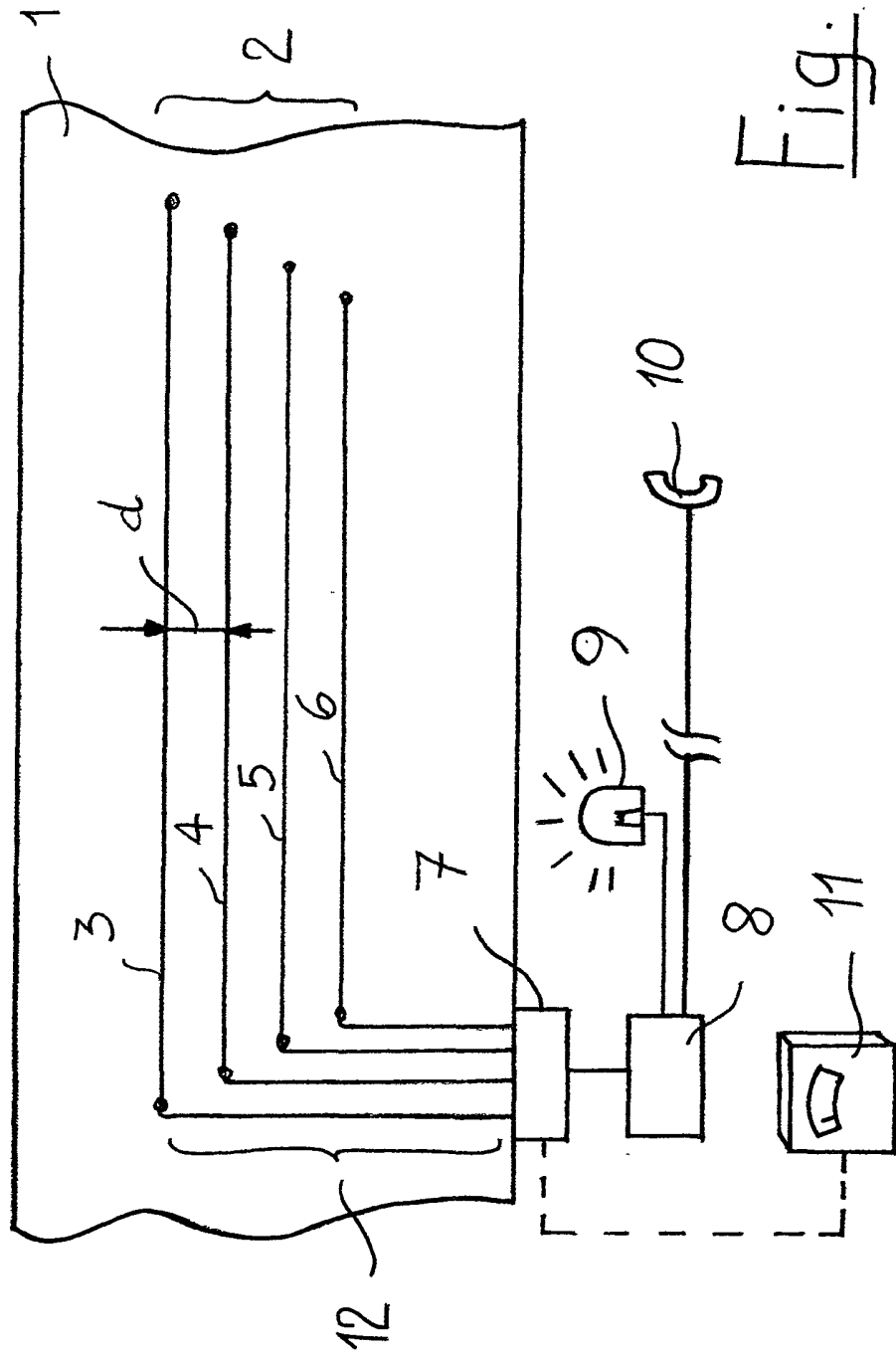


Fig.