

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **696 821 A5**

(51) Int. Cl.: **G01N 17/04** (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Gesuchsnummer: 01790/03

(73) Inhaber:
Markus Büchler, Unt. Gstückstrasse 13
8180 Bülach (CH)

(22) Anmeldedatum: 21.10.2003

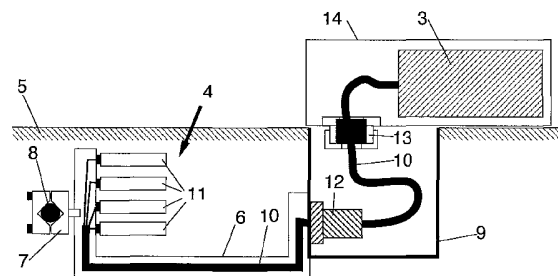
(24) Patent erteilt: 14.12.2007

(45) Patentschrift veröffentlicht: 14.12.2007

(72) Erfinder:
Markus Büchler, 8180 Bülach (CH)

(54) **Sensoreinheit zur kontinuierlichen Korrosionsüberwachung von Bauwerken.**

(57) Sensoreinheit bestehend aus einem Träger, welcher gleichzeitig als Sensorträger und als Kabelkanal wirkt. Durch Kombination von Trägerfunktion, Kabelkanal und Bewehrungsanschluss kann die Sensoreinheit ohne technische Vorkenntnisse analog zu einem Erdungsanschluss installiert werden. Es sind daher keine technischen Kenntnisse für die Installation erforderlich. Die Inbetriebnahme der Datenlogger erfolgt durch einfaches Einstecken in die Sensoreinheit. Sämtliche Einstellungen der Parameter, die Datenerfassung und die Systemdiagnostik kann ferngesteuert vorgenommen werden. Durch die einfache Installation wird ein kostengünstiges Monitoringsystem erhalten. Damit besteht die Möglichkeit, eine Grosszahl von Bauwerken mit minimalem Aufwand zu überwachen. Auch die Nachrüstung mit zusätzlichen Sensoreinheiten oder die Messung von bestehenden Sensorsystemen mit dem Messsystem ist einfach und kostengünstig möglich.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sensoreinheit zur kontinuierlichen Überwachung des Korrosionszustandes, der Korrosionsgeschwindigkeit von Bauwerken und der beeinflussenden Parameter nach dem Oberbegriff des ersten Anspruchs. Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zur Herstellung einer Sensoreinheit zur kontinuierlichen Korrosionsüberwachung von Bauwerken nach dem Oberbegriff des unabhängigen Verfahrensanspruchs.

Stand der Technik

[0002] Korrosion an Bauwerken ist die Hauptursache für die hohen Kosten für deren Instandsetzung und für die oft stark verringerte Lebensdauer. Um den Zeitpunkt der Korrosionsinitiiierung, die Korrosionsgeschwindigkeit und die beeinflussenden Parameter, wie Betonfeuchtigkeit, Temperatur, Chloridgehalt zu erfassen, wurden verschiedene Sensorsysteme entwickelt und intensiv an Bauwerken eingesetzt. Die Messung dieser Sensoren erfolgte bisher durch Einzelmessungen in regelmässigen Zeitabständen. In neueren Arbeiten konnte gezeigt werden, dass eine Vorhersage der weiteren Schadensentwicklung nur möglich ist, wenn die Messungen kontinuierlich durchgeführt werden. Die Interpretation der schwankenden Messgrössen aufgrund täglicher und saisonaler Veränderungen der klimatischen Grössen, Temperatur und Feuchtigkeit ist nur möglich, wenn mehrere Messwerte pro Tag aufgezeichnet werden. Nur so sind zuverlässige Aussagen über die weitere Entwicklung des Schadensverlaufs, die Erstellung von Prognosen, die optimale Planung von Instandsetzungsmassnahmen oder die Überwachung der Wirksamkeit von Instandsetzungsmassnahmen möglich. Bei Einzelmessungen in periodischen Abständen von Tagen, Monaten oder Jahren können die momentanen Gegebenheiten bei der Messung die längerfristige Entwicklung überdecken.

[0003] Das Messsystem basiert auf einem Datenlogger und verschiedenen Sensorelementen für Korrosionsinitiiierung, Korrosionsgeschwindigkeit, Betonleitfähigkeit, Temperatur und Chloridgehalt. Mehrere Datenlogger können über ein Bussystem miteinander verbunden werden, um verschiedene Elemente des Bauwerks überwachen zu können und eine ganzheitliche Aussage über den Korrosionszustand zu erhalten. Aus der Bauwerksüberwachung ist zudem bekannt, dass die gemessenen Parameter durch eine Fernüberwachung abgefragt werden können, um kontinuierlich über deren Zustand informiert zu sein. Dafür werden vor allem Mobilfunknetze genutzt, aber auch der Einsatz von Satelliten ist bekannt. Weiter ist auch die Verwendung von Alarmwerten gebräuchlich, welche beim Erreichen von kritischen Bedingungen die Durchführung von Massnahmen erfordern.

[0004] Die Problematik bei den bisher eingesetzten Systemen für die kontinuierliche Überwachung des Korrosionszustandes besteht in der Verkabelung des Bauwerks. Einerseits mussten die Sensorelemente mit dem Datenlogger verbunden werden und andererseits musste der Datenlogger an eine Stromquelle angeschlossen und mit den anderen Datenloggern verbunden werden. Dies bedeutete einen erheblichen Aufwand für die Installation des Messsystems, erforderte geschultes Personal, und die Kabel beeinträchtigten in vielen Fällen die Ästhetik des Bauwerks. Dies hatte zur Folge, dass das Überwachungssystem teuer in der Installation und die Akzeptanz wegen der optischen Beeinträchtigung gering waren.

[0005] Es sind verschiedene Typen von Sensorelementen bekannt. Sie bestehen oft aus einem Träger für die einzelnen Sensoren. So können Widerstandssensoren, Chloridsensoren, Referenzelektroden und Sensoren für die Messung der Korrosionsgeschwindigkeit auf einem Träger kombiniert sein. Es ist aber auch möglich, diese Sensoren einzeln auf einem Träger zu installieren. Die Sensorelemente können entweder vor dem Betonieren in das Bauwerk eingebracht werden oder nachträglich an bestehenden Strukturen in Kernbohrungen eingemörtelt oder eingespannt werden. In gewissen Fällen wurden auch Bohrkerne von bestehenden Bauwerken mit Sensoren bestückt und wieder eingebaut (Schiegg). Die Sensoren wurden dann mittels Kabel mit dem Datenlogger verbunden. Die Problematik bei diesen Sensorelementen besteht darin, dass eine Fachperson für die Installation der empfindlichen Sensorelemente am Bauwerk, die Verlegung der Anschlusskabel und für den korrekten Anschluss an den Datenlogger erforderlich ist. Weiter besteht die Gefahr, dass sie während dem Betonieren beschädigt werden. Demzufolge hat auch die Installation der Sensorelemente einen hohen Aufwand an Kosten und Koordination während dem Bau zur Folge. Die im Beton verlegten Kabel beinhalten zudem die Gefahr, dass Betonporenlösung durch die Kapillarkwirkung der Kabelmäntel aufgesaugt wird, in Kabelanschlüsse gelangt und dort Korrosion auslöst, oder die Lebensdauer der Kabelisolation durch den hohen pH-Wert beeinträchtigt wird.

Darstellung der Erfindung

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine einfache und kostengünstige Installation zur Überwachung des Korrosionszustands von Bauwerken zu ermöglichen.

[0007] Erfindungsgemäss wird dies durch die kennzeichnenden Merkmale des ersten Anspruchs erreicht.

[0008] Kern der Erfindung ist, dass der Träger der Sensoreinheit gleichzeitig als Kabelkanal, Installationseinheit, Steckanschluss und Bewehrungsanschluss wirkt. Der Einbau der Sensoreinheit erfordert keinerlei Verkabelungen oder Installationen.

[0009] Der Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Installation der Sensoreinheit keine Verkabelung erfordert und dadurch schnell und einfach ist. Sie erfordert keinerlei technische Kenntnisse und kann direkt durch das Baustellenpersonal vorgenommen werden.

[0010] Durch die kabellose Datenübertragung an eine Zentraleinheit und durch die unabhängige Stromversorgung wird die Ästhetik des Bauwerks nur minimal beeinträchtigt und der Installationsaufwand ist gering. Auch nachträgliche Installation oder Nachrüstung eines Bauwerks mit zusätzlichen Sensoreinheiten ist problemlos möglich und erfordert nur minimalen Aufwand.

[0011] Die Sensoreinheit besteht aus einem Träger, welcher gleichzeitig verschiedene Funktionen wahrnimmt. Er ist einerseits der Träger für die verschiedenen Sensoren. Da er aus einem Hohlprofil oder einem U-Profil besteht, können die Verbindungskabel zu den Sensoren im Inneren geführt werden. Somit sind die Kabel vor der stark alkalischen Betonporenlösung und vor den rauen Bedingungen bei der Installation und während dem Betonieren geschützt. Die Kabel im Inneren des Hohlprofils werden direkt auf einen Stecker geführt. Dieser kann ebenfalls am Träger installiert sein. Der Träger kann über eine Klemmverbindung direkt an die Bewehrung angeschlossen werden. Dadurch wird einerseits eine solide Befestigung während dem Betonieren erreicht. Andererseits wird gleichzeitig ein elektrischer Anschluss an die Bewehrung erreicht, welche bei gewissen Sensoren als Kathode wirkt. Die Verwendung der Bewehrung als Kathode ist wesentlich, da die Kathodenfläche eine mindestens fünfzig Mal grössere Fläche als die Anode aufweisen muss. Bei Sensoren, welche eine Oberfläche aus nichtrostendem Stahl als Kathode verwenden, wird die Korrosionsgeschwindigkeit unterschätzt. Für die Installation vor dem Betonieren kann der Träger zusätzlich an der Schalung befestigt werden. Die Installation der Sensoreinheit entspricht damit exakt jener eines Erdungsanschlusses. Dieser Arbeitsschritt ist gebräuchlich und kann einfach durch das Baustellenpersonal vorgenommen werden. Idealerweise weist die Sensoreinheit zusätzlich eine Unterputz-Buchse mit Deckel auf, welche die Steckverbindung vor Witterungseinflüssen schützt.

[0012] Idealerweise wird die Sensoreinheit in Kombination mit einem Datenlogger betrieben, welcher mit einer unabhängigen Stromversorgung ausgerüstet ist und die Daten mittels kabelloser Übertragung an eine Zentraleinheit sendet. Damit entfallen sämtliche Verkabelungen am Bauwerk und die Installation von Sensoreinheit und Datenerfassung stellt nur einen minimalen Aufwand dar. Weiter sollen Datenlogger und Sensoreinheit mit entsprechenden Steckeranschlüssen ausgerüstet sein, dass die Verkabelung und/oder die Inbetriebnahme der Sensoreinheit und/oder des Datenloggers durch einfaches Einstecken erfolgt. Die Konfiguration erfolgt über Fernsteuerung von einem beliebigen Ort über die Zentraleinheit. Die Zentraleinheit ist im Bereich des Bauwerks lokalisiert. Ihre Funktion besteht im Sammeln der Daten von den verschiedenen Datenloggern, welche zusammen mit den Sensoreinheiten am Bauwerk installiert sind. Von der Zentraleinheit werden die Daten über ein beliebiges Kabel, Funknetz oder eine Satellitenverbindung an den Bestimmungsort gesandt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0013]

- In Fig. 1 ist das Messsystem für die Datenerfassung mittels kabelloser Datenübertragung und unabhängiger Stromversorgung gezeigt.
- In Fig. 2 ist der Aufbau der Sensoreinheit für die Installation vor dem Betonieren und deren Anschluss an den Datenlogger gezeigt.
- In Fig. 3 ist der Aufbau der Sensoreinheit für den nachträglichen Einbau in einem bestehenden Bauwerk und deren Anschluss an den Datenlogger gezeigt.

Weg zur Ausführung der Erfindung

[0014] Fig. 1 zeigt das Messsystem umfassend eine Zentraleinheit 1, einen Computer 2 und Datenlogger 3. Die Zentraleinheit 1 kommuniziert über eine Kabel- oder funkgebundene Datenverbindung 20 mit dem Computer 2 und wird mit einer Solaranlage mit Akkumulatoren oder vom Stromnetz elektrisch versorgt. Weiter kommuniziert die Zentraleinheit mit den Datenloggern 3, welche bei den Sensoreinheiten 4 auf einem Bauwerk 5 installiert sind. Vom Computer 2 können Steuersignale über die Zentraleinheit an die Datenlogger gesandt werden. Umgekehrt werden die Daten der Logger an die Zentraleinheit gesandt und von dort an den Computer 2 geleitet. Der Computer 2 nimmt die Berechnung, Auswertung, Archivierung und Weiterleitung der Daten vor. Indem die Datenübertragung zwischen der Zentraleinheit 1 und den Datenloggern 3 optimiert wird, kann der Stromverbrauch für die Kommunikation stark verringert werden. Dies wird durch Datenaustausch zwischen der Zentraleinheit 1 und den Datenloggern 3 in fest vorgegebenen Intervallen erreicht. Zusammen mit dem gezielt geringen Stromverbrauch der Datenlogger 3 und langlebigen Lithiumbatterien können Betriebsdauern von mehreren Jahren oder sogar Jahrzehnten erreicht werden.

[0015] In Fig. 2 ist eine Sensoreinheit 4 gezeigt, deren Träger 6 vor dem Betonieren mit einem Anschluss 7 an der Bewehrung 8 des Bauwerks befestigt wird. Dieser Anschluss 7 erfolgt idealerweise durch Klemmen, Spreizen, Schrauben, Dübeln, Löten, Schweißen oder mittels eines eingetriebenen Bolzens. Der Anschluss 7 ist am Träger 6 derart montiert, dass die Einbautiefe der vorgesehenen Überdeckungshöhe angepasst werden kann. Idealerweise erfolgt dies über eine Nut, einen Schlitz oder einfach eine frei bewegliche Klemmung direkt am Träger 6. Der Träger 6 besteht aus einem Ma-

terial, welches in der stark alkalischen Betonporenlösung beständig ist. Er kann aus Kunststoff oder Metall bestehen. Wenn das Material aus einem elektrisch leitenden Werkstoff besteht, wie nichtrostendem Stahl, Titan, Stahl, oder karbonfaserverstärktem Kunststoff, kann der Träger 6 zusätzlich die Funktion des Bewehrungsanschlusses übernehmen. Durch das Befestigen des Trägers 6 mit dem Anschluss 7 an der Bewehrung 8 wird in diesem Fall sofort auch ein elektrischer Bewehrungsanschluss erstellt. Der Träger 6 ist derart geformt, dass keine bevorzugten Transportwege für Schadstoffe durch den Beton entstehen. Im Bereich von Sensoren 11 der Sensoreinheit 4 sind keine Durchführungen durch die Betonoberfläche vorhanden.

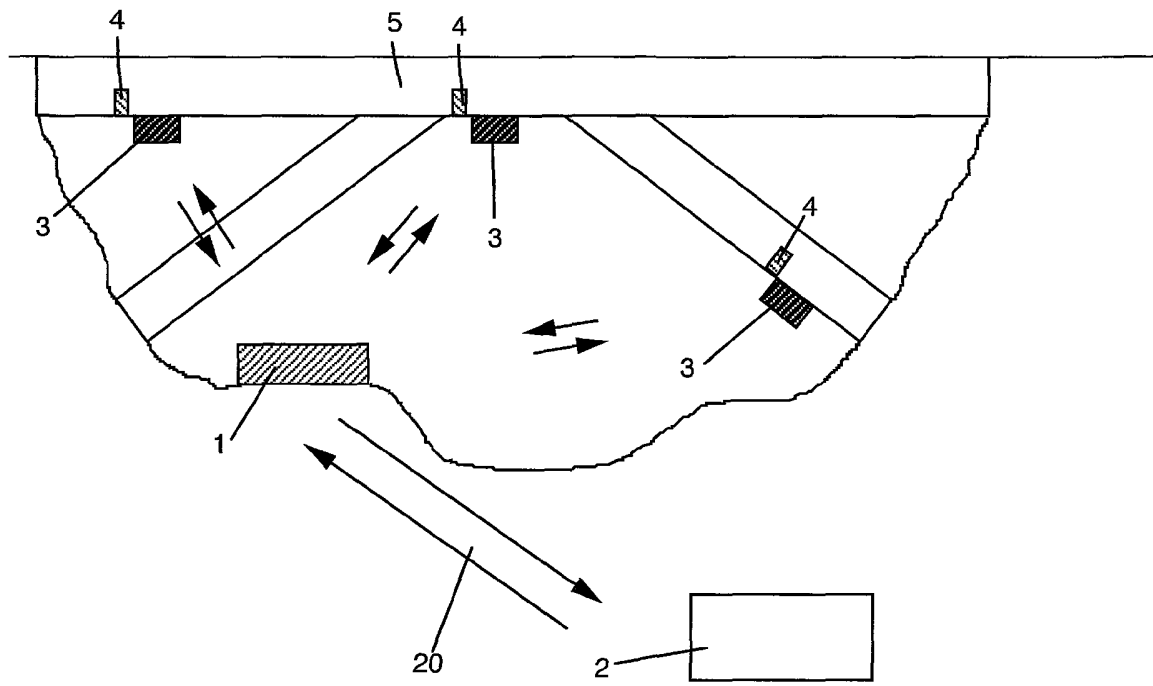
[0016] Am Träger kann zusätzlich eine Buchse 9 befestigt sein, welche mit einem Deckel verschlossen sein kann und wodurch das Eindringen von Beton oder Wasser und Verunreinigungen verhindert wird. Diese Buchse 9 kann bei der Installation der Sensoreinheit 4 an der Schalung festgenagelt werden. Die Kabel 10 für den elektrischen Anschluss der verschiedenen Sensoren 11 sind entlang des Trägers 6 geführt, welcher idealerweise ein Hohlprofil oder ein U-Profil aufweist. Diese Kabel 10 sind entlang des Trägers 6 zur Buchse 9 geführt, wo sie an einen Stecker 12 angeschlossen sind. Dieser Stecker kann direkt am Träger 6 installiert sein. Die Kabel 10 können aber auch aus dem Träger 6 herausgeführt und der Stecker 12 kann am Kabelende installiert sein. Die Kabel 11 sind dabei idealerweise in einer gemeinsamen Isolation geführt und bereits werkseitig mit den erforderlichen Elementen, wie Gummidichtung und Mutter, für die Durchführung durch eine Stopfbuchse 13 versehen. Wesentlich ist, dass keine Kabel 10 frei durch den Beton verlegt sind. Durch die Führung der Kabel entlang des Trägers sind Verletzungen während dem Betonieren nahezu vollständig ausgeschlossen. Im Falle eines Trägers 6, der aus einem Hohlprofil besteht, sind die Anschlusspunkte und die Kabel komplett vor der aggressiven Betonporenlösung geschützt. Dadurch kann eine hohe Lebensdauer der Sensoreinheit 4 sichergestellt werden. Idealerweise werden Öffnungen im Träger 6, welche für die Installation der Sensoren 11 und die Einführung der Kabel 10 erforderlich sind, mittels Stopfen verschlossen, verschraubt, zugeschweisst, zugeklebt oder anderweitig verschlossen. Eine weitere Möglichkeit besteht im Vergiessen mit einem Kunstharz, beispielsweise Epoxidharz, der Beschichtung des gesamten Trägers 6 mit einem Anstrich oder der Kombination der verschiedenen genannten Verschlussmöglichkeiten.

[0017] Nach dem Betonieren kann an dem Stecker 12 der Datenlogger 3 angeschlossen werden. Die Verkabelung kann dabei derart ausgestaltet sein, dass durch das Anschliessen der Datenlogger direkt in Betrieb genommen wird, wodurch Fehlmanipulationen durch ungeschultes Personal ausgeschlossen sind. Der Datenlogger wird wasserdicht und witterungsbeständig installiert. Der erforderliche Witterungsschutz wird dabei idealerweise durch ein Gehäuse 14 erreicht. Dieses Gehäuse 14 kann über der Buchse 9 installiert werden, wodurch ein zusätzlicher Witterungsschutz des Steckers 12 erreicht wird. Dabei kann die Befestigung des Gehäuses 14 direkt an dafür vorgesehenen Elementen der Buchse 9, wie zum Beispiel Gewinde, erfolgen. Das Gehäuse 14 kann aber auch am Bauwerk 5 montiert werden. Die Kabel 10 werden dicht in das Gehäuse 14 geführt. Diese Einführung kann durch Vergiessen oder Schäumen der Durchführung oder durch eine Stopfbuchse 13 erfolgen. Idealerweise ist die Stopfbuchse 13 vor direkter Bewitterung geschützt, indem sie beispielsweise auf der Rückseite des Gehäuses 14 installiert wird. Durch Verfüllen der Buchse 9 mit Kunststoff oder Dichtmaterial kann eine weitere Verbesserung der Dichtwirkung erreicht werden. Das Gehäuse 14 ist derart ausgebildet, dass ein einfaches Austauschen des Datenloggers 3 möglich ist. In Fig. 3 ist eine Sensoreinheit 4 gezeigt, welche nachträglich in ein Bauwerk 5 eingebaut wurde. Dazu wurde aus dem Bauwerk 5 ein Bohrkern entnommen. In diese Öffnung wird ein vorbetonierter zylindrischer Block eingemörtelt, welcher die Sensoreinheit 4 enthält. Die Sensoreinheit 4 ist analog zur Fig. 2 aus einem Träger 6 aufgebaut, welcher als Führung für die Kabel 10 dient. Die gezeigte charakteristische U-Form des Trägers 6 dient der Verhinderung von bevorzugten Stofftransportwegen im Bereich der Sensoren 11. Dadurch soll ein möglichst realitätsnahes Verhalten erreicht werden. Im gezeigten Beispiel werden die Kabel 10 in einen Stecker 12 geführt. Dieser Stecker 12 wird durch die Rückwand witterungsgeschützt in das Gehäuse 14 geführt und am Datenlogger 3 angeschlossen, was durch die Verwendung eines Rahmens 15 als Abstandhalter möglich ist. Durch Verlängerung des Trägers 6 auf der Betonoberfläche wird erreicht, dass keine offenen Kabel vorliegen und dass das Gehäuse 14 den Stofftransport im Bereich der Sensoren 11 nicht signifikant beeinflusst. Durch Verfüllen des Rahmens 15 mit Kunststoff oder Dichtmaterial kann eine weitere Verbesserung der Dichtwirkung erreicht werden. Der Anschluss an die Bewehrung 8 muss getrennt erfolgen. Idealerweise wird dieser Kontakt unter dem Gehäuse 14 mit einem Anschlusskabel 16 vorgenommen. Eine Alternative ist die Kontaktierung im Loch der Kernbohrung an ein durchgetrenntes Bewehrungsseisen. Diese Kontaktierung kann beispielsweise durch Punktschweißung, Löten, Klemmen oder Schrauben erfolgen. Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf das gezeigte und beschriebene Anwendungsbeispiel beschränkt. So kann der Träger auch eine zylinderförmige Sensoreinheit bilden, welche direkt in eine Kernbohrung an einem Bauwerk eingemörtelt wird und über eine dünne Mörtelschicht Kontakt zwischen Sensor und dem Originalbeton macht. Dadurch wird die Situation im Originalbeton untersucht. Weiter kann sich die gezeigte planare Darstellung der Träger 6 durch Verdrehen auch in die dritte Dimension erstrecken. Dadurch wird eine breitere Staffelung der Sensoren erreicht. Weiter kann der Stecker bei beiden gezeigten Darstellungen direkt am Datenlogger 3 installiert sein und der Datenlogger 3 kann auch gleichzeitig die Funktion des Gehäuses 15 übernehmen. Das Gehäuse 15 wäre in diesem Fall nicht mehr benötigt.

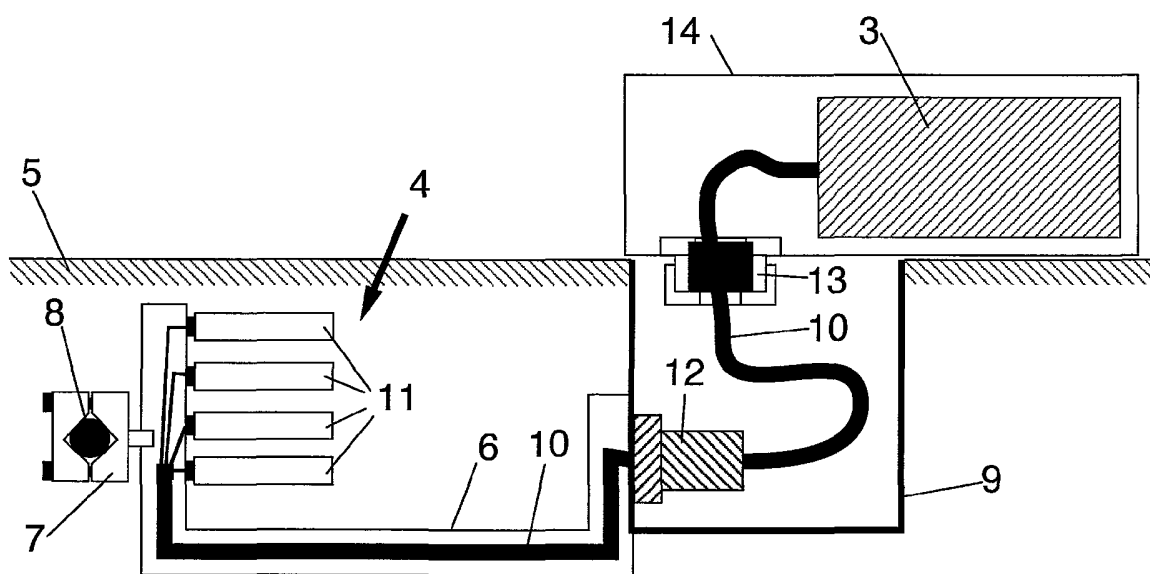
[0018] Wesentlich ist zudem, dass der Träger gleichzeitig als Kabelkanal und Träger der Sensoren benutzt wird und dass er derart ausgebildet ist, dass er keinen bevorzugten Stofftransport im Bereich der Sensoren ermöglicht.

Patentansprüche

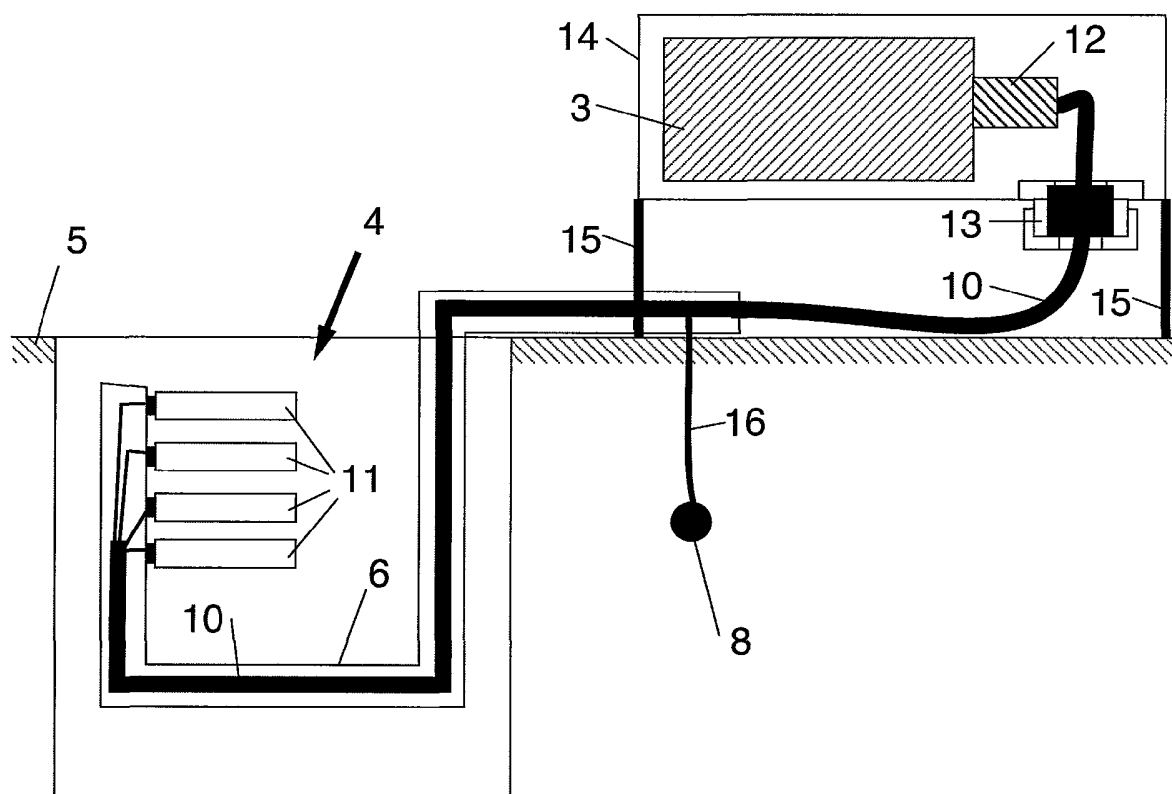
1. Sensoreinheit (4) zur kontinuierlichen Korrosionsüberwachung von Bauwerken, umfassend Sensoren (11), Kabel (10) und Träger (6), wobei die Kabel (10) die Verbindung der Sensoren mit einem Messgerät (3) sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (6) die Führung der Kabel (10) ist.
2. Sensoreinheit (4) nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (6) aus einem Hohlprofil und/oder einem U-Profil besteht.
3. Sensoreinheit (4) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (6) mit einem Anschluss (7) elektrisch leitend an der Bewehrung (8) des Bauwerks befestigbar ist und dass dadurch die Bewehrung elektrisch kontaktierbar ist.
4. Sensoreinheit (4) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Anschluss (7) vor dem Betonieren an der Bewehrung (8) befestigbar ist.
5. Sensoreinheit (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Buchse (9) am Träger (8) befestigt ist, welche zur Befestigung vor dem Betonieren an die Schalung befestigbar ist.
6. Sensoreinheit (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Datenlogger (3) durch Einstecken des Steckers (12) der Sensoreinheit (4) in Betrieb nehmbar ist.
7. Verfahren zur Herstellung einer Sensoreinheit, umfassend Sensoren (11), Kabel (10) und Träger (6), wobei die Kabel (10) die Sensoren mit einem Messgerät (3) verbinden, dadurch gekennzeichnet, dass die Kabel (10) mittels des Trägers (6) geführt werden.
8. Verfahren nach dem Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (6) als Hohlprofil und/oder U-Profil ausgebildet ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (6) mit einem Anschluss (7) elektrisch leitend an der Bewehrung (8) des Bauwerks befestigt wird und dass dadurch die elektrische Kontaktierung der Bewehrung erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Anschluss (7) vor dem Betonieren an der Bewehrung (8) befestigt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Buchse (9) am Träger (8) befestigt wird, welche zur Befestigung vor dem Betonieren an der Schalung befestigt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11 dadurch gekennzeichnet, dass ein Datenlogger (3) durch Einstecken des Steckers (12) der Sensoreinheit (4) in Betrieb nehmbar wird.



Figur 1



Figur 2



Figur 3