



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 661 941 A5

⑤① Int. Cl. 4: C 23 F 13/02
E 04 B 1/64

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer:	3731/86	㉗ Inhaber:	ELTAC Nogler und Daum KG, Innsbruck (AT)
㉑ Anmeldungsdatum:	14.01.1986	㉘ Erfinder:	Oppitz, Hans, Mils (AT)
㉓ Priorität(en):	14.01.1985 AT 68/85	㉙ Vertreter:	Bovard AG, Bern 25
㉔ Patent erteilt:	31.08.1987	㉚ Internationale Anmeldung:	PCT/AT 86/00006 (De)
㉝ Patentschrift veröffentlicht:	31.08.1987	㉛ Internationale Veröffentlichung:	WO 86/04099 (De) 17.07.1986

⑤④ **Korrosionsschutzverfahren für in einem Schutzmantel eingebettete Metallteile.**

⑤⑦ Verfahren und Vorrichtung zum Unterbinden der Korrosion von Metallteilen, die über ihren Längsverlauf in einen Schutzmantel eingebettet und unterschiedlichen pH-Werten ausgesetzt sind. Die Elektroden liegen an einer am negativen und einer am positiven elektrischen Potential einer als aktiven Korrosionsschutzanlage verwendeten Gleichspannungsquelle an. Die am positiven Potential anliegende Elektrode wird über eine grosse Fläche mit der Oberfläche des die Metallteile umhüllenden Schutzmantels kontaktiert. Der am negativen Potential anliegende Ausgang der Gleichspannungsquelle wird mit den Metallteilen verbunden und bzw. oder geerdet.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Unterbinden der Korrosion von Metallteilen, die über ihren Längsverlauf in einen Schutzmantel eingebettet und unterschiedlichen pH-Werten ausgesetzt sind, mit einer am negativen und einer am positiven elektrischen Potential einer als aktive Korrosionsschutzanlage verwendeten Gleichspannungsquelle anliegenden Elektrode, dadurch gekennzeichnet, dass die am positiven Potential anliegende Elektrode über eine grosse Fläche mit der Oberfläche des die Metallteile umhüllenden Schutzmantels kontaktiert wird und der am negativen Potential anliegende Ausgang der Gleichspannungsquelle mit den Metallteilen verbunden und bzw. oder geerdet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf die Oberfläche der Schutzumhüllung eine Schicht eines leitfähigen, insbesondere klebefähigen Kunststoffes, aufgebracht wird, worauf auf diese Schicht eine durchbrochene bzw. netzförmige Elektrode aufgelegt und diese mit einer weiteren Schicht eines leitfähigen Kunststoffes überstrichen wird, wobei die Schichten im Bereich der Durchbrüche bzw. Netzöffnungen der Elektrode miteinander und mit der Elektrode verbunden werden und der leitfähige Kunststoff eine Porengrösse aufweist, die eine Wasserdampfdiffusion ermöglicht.

3. Verfahren zum Unterbinden der Korrosion von Metallbewehrungen in Stahlbetonkonstruktionen, insbesondere Brücken, nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die am positiven Potential anliegende Elektrode am Brückentragwerk auf die vorzugsweise vom Fahrbahnbelag abgewendete Oberfläche der Schutzumhüllung aufgebracht wird, wobei bei Stahlbetonbrücken die Elektrode vorzugsweise etwa mittig zwischen zwei Auflagerpunkten angeordnet wird und das negative Potential im Bereich der Fundamente und bzw. oder Auflagerstellen an Erde und gegebenenfalls an die Metallteile angelegt wird.

4. Vorrichtung zum Unterbinden der Korrosion von Metallteilen, die über ihren Längsverlauf in einen Schutzmantel eingebettet und unterschiedlichen pH-Werten ausgesetzt sind, mit einer Gleichspannungsquelle und einer jeweils am positiven und negativen elektrischen Potential dieser Gleichspannungsquelle anliegenden Elektrode zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (11, 19, 27, 33) durch eine Schicht (15, 20, 28) aus leitendem Kunststoff (16) gebildet ist und diese leitende Schicht (15, 20, 28) auf einen Teil des Schutzmantels (3) aufgebracht und mit dem am positiven Potential der Gleichspannungsquelle (7) anliegenden Ausgang verbunden ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die am positiven Potential anliegende Elektrode (11, 19, 27, 33) einen in die leitende Schicht (15, 20, 28) eingebetteten, mit Durchbrüchen versehenen Flächenleiter (22), z.B. ein Netz (29) aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der mit Durchbrüchen versehene Flächenleiter (22) als Sandwichelement aufgebaut ist, welches zwischen zwei Isolationsschichten (24) eine leitende Folie (23) aufweist und die leitende Folie (23) im Bereich der Durchbrüche (25) mit dem Innenraum der Durchbrüche (25) direkt verbunden ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die am positiven Potential anliegende Elektrode (11, 19, 27, 33) bei einem sich zwischen zwei mit dem Erdboden verbundenen Widerlagern erstreckenden Bauwerk etwa mittig zwischen Auflagerpunkten (10) und die am negativen Potential anliegende Elektrode im Bereich der Fundamente angeordnet bzw. geerdet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem positiven Potential verbundene Elektrode (11, 19, 27, 33) bei einem auf einem zentralen Fundament abgestützten und sich von diesem senkrecht zur Erdoberfläche nach oben erstreckenden Bauwerk im Bereich des oberen vom Erdboden abgewendeten Endes angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem positiven Potential verbundene Elektrode (33) bei einer Staumauer (30) auf der vom aufgestauten Wasser (31) abgewendeten Seite insbesondere bis zur Höhe des Maximalfüllstandes angeordnet ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolationsschichten (24) und die Stirnseiten der Durchbrüche (25) der als Sandwichelement ausgebildeten flächenförmigen Elektrode (19) mit einem elektrisch leitenden Kunststoff beschichtet sind und diese über den elektrisch leitenden Kunststoff mit dem Bauwerk bzw. dem Schutzmantel (3) verbunden und die Stirnseiten der leitenden Folie (23) im Bereich der Durchbrüche (25) mit dem am Bauwerk bzw. dem Schutzmantel (3) aufgetragenen elektrisch leitenden Kunststoff (21) kontaktiert sind.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Materialien der einzelnen Schichten des Sandwichelementes sowie der leitenden Schichten aus Kunststoff einen geringen Potentialabstand in der elektrochemischen Spannungsreihe der Metalle aufweisen und vorzugsweise die leitende Schicht des Sandwichelementes durch Aluminium und die Kunststoffschichten aus einem im wesentlichen ionenfreien mit Kohlenstoff bzw. Graphit versetzten Duroplast, z.B. mit makromolekularem Aufbau, gebildet ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoff der leitenden Schicht (15, 20, 28) im wesentlichen ionenfrei ist und vorzugsweise in Art eines Styroplastes mit einem makromolekularem Aufbau, z.B. einem Acrylat mit mindestens zum Teil vernetzten Polymeren ausgebildet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der leitende Kunststoff (16, 21) Kunstharzlösungen oder Kunstharze mit Metall- oder Halbm Metallverbindungen oder deren Lösungen in einer Menge versetzt enthält, sodass auf ein Kunstharzmolekül annähernd ein Metall- oder Halbm Metallatom kommt und der nach dem Mischen unter Zugabe von Reduktionsmittel in geringem Überschuss oder durch an sich bekannte thermische Zersetzung Metall- oder Halbm Metallatome enthält und bei dem gebildete oder noch vorhandene Ionen ausgewaschen und die Dispersionen, Lösungen oder Granulate mit Graphit oder Russ versetzt weiter verarbeitet sind, wobei vorzugsweise dem leitenden Kunststoff Graphitpulver zugesetzt ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoff (16, 21) wasserabweisend ist und Poren mit einer Porengrösse aufweist, die den Durchtritt von Wasserdampf durch die Schicht (15, 20, 28) ermöglichen.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Unterbinden der Korrosion von Metallteilen, die über ihren Längsverlauf in einen Schutzmantel eingebettet und unterschiedlichen pH-Werten ausgesetzt sind, mit einer am negativen und einer am positiven elektrischen Potential einer als aktive Korrosionsschutzanlage verwendeten Gleichspannungsquelle anliegenden Elektrode.

Es sind bereits elektrische Korrosionsschutzanlagen für in Schutzmäntel eingebettete Metallteile bzw. Konstruktionsteile – gemäss Ing. Taschenbuch Hütte 28. Auflage, IV, B, Seite 1482 bis 1487 – bekannt. Bei diesem Verfahren wird der Minuspol einer Gleichstromquelle mit einer im Erdboden verlegten Rohrleitung verbunden. Im Abstand von der Rohrleitung werden im Erdboden sogenannte Schutzanoden, beispielsweise Eisenschutzanoden mit Koksumhüllung angeordnet, die mit dem Pluspol der Gleichstromquelle verbunden sind. Es konnte durch derartige Korrosionsschutzanlagen die Korrosion an Rohrleitungen verringert, jedoch in vielen Fällen nicht unterbunden werden.

Eine weitere bekannte elektrisch betriebene (aktive) Korrosionsschutzanlage – gemäss GB-OS 2 140 456 – weist eine Gleichspannungsquelle auf, deren positives Potential an einer dünnen, dauerhaften, nicht korrodierbaren Anode aus Streifen, Stangen, Drähten oder Netzen anliegt. Diese Anoden sind mit einem Epoxy-Kleber auf der Betonoberfläche fixiert und dann mit einer leitenden Farbe beschichtet. Das negative Potential der Gleichspannungsquelle liegt an der durch Metallteile gebildeten Bewehrung an. Durch das zwischen der Anode und der Kathode gebildete elektrische Feld soll mit dem im Feld fließenden Schutzstrom eine Korrosion der Metallteile, d.h. der Bewehrung, beispielsweise in Brücken, verhindert werden. Darüberhinaus sind nach dieser Vorrichtung im Bereich der Bewehrung angeordnete Elektroden vorgesehen, mit welchen die Spannung im elektrischen Feld im Bereich der Bewehrung überwacht wird, um über eine an diese Elektroden angeschlossene Steuervorrichtung den Stromfluss im elektrischen Feld automatisch zu überwachen. Mit dieser bekannten Vorrichtung ist es somit möglich, die Korrosionsanfälligkeit von Bewehrungen, insbesondere Metallteilen in Stahlbetonbauteilen zu verringern. Eine zufriedenstellende Lösung der Korrosionsprobleme bei Stahlbetonbauteilen ist jedoch auch mit dieser Vorrichtung nicht möglich.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, in Schutzmäntel eingebettete Metallteile vor Korrosion, insbesondere durch Konzentrationselemente, also galvanische Elemente, mit Elektroden aus gleichartigen Metallen in verschiedenartigen Elektrolyten, zu schützen.

Diese Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, dass die am positiven Potential anliegende Elektrode über eine grosse Fläche mit der Oberfläche des die Metallteile umhüllenden Schutzmantels kontaktiert wird und der am negativen Potential anliegende Ausgang der Gleichspannungsquelle mit den Metallteilen verbunden und bzw. oder geerdet wird. Der überraschende Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass durch die Anordnung der am positiven Potential anliegenden Elektrode (Anode) ein genau definiertes elektrisches Feld zwischen den im Schutzmantel bzw. Bauwerk eingebetteten Metallteilen und der Oberfläche des Schutzmantels bzw. des Bauwerkes gebildet wird. Dazu kommt, dass durch die Ausdehnung der am positiven Potential anliegenden Elektrode über eine grössere Oberfläche des Schutzmantels bzw. des Bauwerkes ein intensiver grossflächiger Feldaufbau erreicht wird, dessen ihm zugrundeliegende Kennwerte ziemlich genau erfassbar sind, da das Material, die Zusammensetzung, die Leitfähigkeit bzw. der spezifische Widerstand des Materials des Schutzmantels bzw. des Bauwerkes und die Distanz zwischen der am positiven Potential anliegenden Elektrode und den Metallteilen meist genau bekannt ist. Ein weiterer überraschender Vorteil dieser erfindungsgemässen Lösung liegt noch darin, dass die Kationen der Salze, wie Chloride und dgl., zur Anode wandern und durch Ausblühungen im Bereich der Anode ausgeschieden werden. Dadurch können diese im Bereich der Metallteile den Korro-

sionsvorgang nicht mehr nachträglich beeinflussen. Durch das intensive elektrische Feld, das zwischen der am positiven Potential anliegenden Elektrode und den Metallteilen gebildet wird, können Konzentrationselemente aufgrund ihrer geringeren Ströme keine galvanischen Elemente bilden und die Korrosion durch derartige Konzentrationselemente ist damit unterbunden. Darüberhinaus liegt ein überraschender Vorteil darin, wenn das negative Potential bzw. die am negativen Potential anliegende Elektrode, nämlich Kathode, um Fundamentbereich – bei Brücken bevorzugt im Bereich der Fundamentpunkte der Auflager – angeordnet wird. Dadurch kommt es zu einem grossflächigen Feldaufbau zwischen der am positiven Potential anliegenden Anode und dem die Fundamente aufnehmenden Erdboden, wodurch entsprechend den elektroosmotischen Grundgesetzen ein Transport der Wassermoleküle und somit ein Feuchtigkeitstransport in Richtung des im Bereich der Fundamente angeordneten Erdbodens erfolgt. Damit kann auch das durch das strömende Wasser und dem dadurch gebildeten Strömungsstrom aufgebaute elektrische Feld, welches beispielsweise im Mittelbereich einer Brücke ein negatives Potential aufbaut, durch den Schutzstrom überlagert und somit wirkungslos gemacht werden, wodurch gleichzeitig auch das Hochsteigen von Feuchtigkeit und Flüssigkeit aus dem Fundamentbereich in den Mittelbereich derartiger Bauwerke verhindert bzw. diese Bewegung umgekehrt wird. Damit können aber auch die Bauwerksteile trocken gehalten werden und es ist somit im Bauwerk weniger Elektrolyt vorhanden, wodurch die Korrosionsgefahr noch zusätzlich vermindert wird.

Gemäss einer weiteren, sehr wesentlichen Massnahme der Erfindung ist vorgesehen, dass auf die Oberfläche der Schutzumhüllung eine Schicht eines leitfähigen, insbesondere klebefähigen Kunststoffes, aufgebracht wird, worauf auf diese Schicht eine durchbrochene bzw. netzförmige Elektrode aufgelegt und diese mit einer weiteren Schicht eines leitfähigen Kunststoffes überstrichen wird, wobei die Schichten im Bereich der Durchbrüche bzw. Netzöffnungen der Elektrode miteinander und mit der Elektrode verbunden werden und der leitfähige Kunststoff eine Porengrösse aufweist, die eine Wasserdampfdiffusion ermöglicht. Durch die Verwendung der erfindungsgemässen Elektrode wird ein intensiver und gleichmässig verteilter Stromfluss über die gesamte Fläche erreicht, sodass auch beim Verwenden höherer Korrosionsschutzspannungen eine Elektrolyse des in der Schutzumhüllung bzw. dem Bauwerk enthaltenen Wassers und somit das Entstehen von aggressiven Stoffen bzw. Verbindungen verhindert sowie trotzdem ein relativ starkes elektrisches Feld aufgebaut werden kann.

Nach einer weiteren Ausführungsvariante des erfindungsgemässen Verfahrens ist vorgesehen, dass die am positiven Potential anliegende Elektrode am Brückentragwerk auf die vorzugsweise vom Fahrbahnbelag abgewendete Oberfläche der Schutzumhüllung aufgebracht wird, wobei bei Stahlbetonbrücken die Elektrode vorzugsweise etwa mittig zwischen zwei Auflagerpunkten angeordnet wird und das negative Potential im Bereich der Fundamente und bzw. oder Auflagerstellen an Erde und gegebenenfalls an die Metallteile angelegt wird. Durch diese Anordnung der Elektrode weisen insbesondere die im Schutzmantel enthaltenen Metallteile ausschliesslich negatives Potential auf, wobei durch die in Richtung der Kathode wandernden Kationen der Schutzmantel der Metallteile aufrecht erhalten und eine Korrosion vermieden wird. Dadurch wird auch der Feldaufbau durch den Strömungsstrom des Wassers, welchen das aufgedrückte elektrische Feld zwischen der am positiven Potential anliegenden Elektrode und der am negativen Potential anliegenden, im Bereich der Fundamente angeordneten Elektrode

entgegenwirkt, aufgehoben. Damit ist es möglich, die Stahlbetonteile, die nach dem erfindungsgemässen Verfahren behandelt werden, trocken zu halten, wodurch insbesondere Einbauten in derartigen Stahlbeton, wie Kammern zum Aufbewahren entsprechender Vorräte oder dgl., ebenfalls trocken bleiben.

Die Erfindung umfasst auch eine Vorrichtung zum Unterbinden der Korrosion von Metallteilen, die über ihren Längsverlauf in einen Schutzmantel eingebettet und unterschiedlichen pH-Werten ausgesetzt sind, mit einer Gleichspannungsquelle und einer jeweils am positiven und negativen elektrischen Potential dieser Gleichspannungsquelle anliegenden Elektrode zur Durchführung des Verfahrens.

Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode durch eine Schicht aus leitendem Kunststoff gebildet ist und diese leitende Schicht auf einen Teil des Schutzmantels aufgebracht und mit dem am positiven Potential der Gleichspannungsquelle anliegenden Ausgang verbunden ist. Durch die Verwendung einer grossflächigen Kunststoffschicht als Elektrode zum Aufbau eines Feldes zwischen dieser und den im Schutzmantel vorkommenden Schwingungen unempfindlich und es wird über die gesamte Fläche ein einheitliches Feld aufgebaut. Gleichzeitig ist es durch diese Kunststoffschicht möglich, dass die in Richtung Anode wandernden Anionen, wie beispielsweise Salze oder dgl., durch Ausblühen an der Elektrode aus dem Schutzmantel entfernt werden und somit weder den Schutzmantel noch die Metallteile nachteilig beeinflussen können.

Erfindungsgemäss ist es weiters auch möglich, dass die am positiven Potential anliegende Elektrode einen in die leitende Schicht eingebetteten, mit Durchbrüchen versehenen Flächenleiter, z.B. ein Netz aufweist, wodurch zwischen den Dehnungen des Bauwerkes und einer Elektrode eine zuverlässige Übertragung der Spannungen bzw. ein Stromübergang erzielt wird, um einen einwandfreien Feldaufbau zu ermöglichen. Durch die Durchbrüche im Flächenleiter wird eine satte Anlage und gute Kontaktierung der Elektrode mit dem Schutzmantel erreicht.

Weiters ist es auch möglich, dass der mit Durchbrüchen versehene Flächenleiter als Sandwichelement aufgebaut ist, welches zwischen zwei Isolationsschichten eine leitende Folie aufweist und die leitende Folie im Bereich der Durchbrüche mit dem Innenraum der Durchbrüche direkt verbunden ist. Dadurch wird gegen mechanische Beanspruchung ein sehr widerstandsfähiger Flächenleiter gebildet, der über die vielen Verbindungsstellen im Bereich der Durchbrüche des Flächenleiters eine Kontaktierung der leitenden Kunststoffschicht und somit der Oberfläche des Schutzmantels ermöglicht.

Nach einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die am positiven Potential anliegende Elektrode bei einem sich zwischen zwei mit dem Erdboden verbundenen Widerlagern erstreckenden Bauwerk etwa mittig zwischen Auflagerpunkten und die am negativen Potential anliegende Elektrode im Bereich der Fundamente angeordnet bzw. geerdet ist, wodurch erreicht wird, dass sich von der Mitte in Richtung der Auflager bzw. des Erdbodens nach beiden Seiten ein gleich starkes elektrisches Feld aufbaut und somit sichergestellt ist, dass das das Bauwerk überdeckende elektrische Feld eine Feuchtigkeits- bzw. Flüssigkeitsbewegung in Richtung der Fundamente bewirkt, wobei gleichzeitig die Metallteile in jedem Fall negatives Potential (Kathode) aufweisen.

Von Vorteil ist es aber auch, wenn die mit dem positiven Potential verbundene Elektrode bei einem auf einem zentralen Fundament abgestützten und sich von diesem senkrecht zur Erdoberfläche nach oben erstreckenden Bauwerk im Bereich des oberen vom Erdboden abgewendeten Endes ange-

ordnet ist, da in diesem Fall der Feuchtigkeitsbewegung im Schutzmantel eine eindeutige Richtung aufgeprägt wird und eine unerwünschte Durchfeuchtung desselben angehalten wird.

Weiters ist es erfindungsgemäss auch möglich, dass die mit dem positiven Potential verbundene Elektrode bei einer Stauwand auf der vom aufgestauten Wasser abgewendeten Seite insbesondere bis zur Höhe des Maximalfüllstandes angeordnet ist. Durch die Anordnung der Elektrode in der erfindungsgemässen Lage wird sichergestellt, dass die Oberflächen der Stauwänden, die nicht mit dem Wasser in Berührung stehen, zumindest bis in den Bereich des Taupunktes innerhalb der Stauwand eine geringe Feuchtigkeit aufweisen und es werden dadurch Frostaufbrüche in der Oberfläche der Stauwand verhindert.

Schliesslich ist es im Rahmen der Erfindung auch möglich, dass die Isolationsschichten und die Stirnseiten der Durchbrüche der als Sandwichelement ausgebildeten flächenförmigen Elektrode mit einem elektrisch leitenden Kunststoff beschichtet sind und diese über den elektrisch leitenden Kunststoff mit dem Bauwerk bzw. dem Schutzmantel verbunden und die Stirnseiten der leitenden Folie im Bereich der Durchbrüche mit dem am Bauwerk bzw. dem Schutzmantel aufgetragenen elektrisch leitenden Kunststoff kontaktiert sind. Der Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass ein mechanisch widerstandsfähiges Element mit einer Vielzahl von Kontaktierungspunkten durch das Aufbringen einer zusätzlichen elastischen leitenden Kunststoffschicht über die gesamte Oberfläche leitend ausgebildet wird und dadurch die Spannungsunterschiede in der Spannungsreihe chemischer Elemente nur geringfügig unterschiedlich sind, sodass es zwischen den einzelnen Schichten der Folie bzw. der Elektrode und dem Schutzmantel zu keinen Korrosionserscheinungen kommen kann.

Von besonderem Vorteil ist es auch, wenn die Materialien der einzelnen Schichten des Sandwichelementes sowie der leitenden Schichten aus Kunststoff einen geringen Potentialabstand in der elektrochemischen Spannungsreihe der Metalle aufweisen und vorzugsweise die leitende Schicht des Sandwichelementes durch Aluminium und die Kunststoffschichten aus einem im wesentlichen ionenfreien mit Kohlenstoff bzw. Graphit versetzten Duroplast, z.B. mit makromolekularem Aufbau, gebildet ist. Der überraschende Vorteil der Verwendung derartig ausgebildeter Elektroden bzw. Schichten aus Kunststoff liegt darin, dass der Aufbau von elektrochemischen bzw. galvanischen Elementen zwischen den einzelnen Schichten der Elektrode ausgeschaltet und somit die Standzeit der Elektroden erhöht werden kann.

Weiters ist es auch möglich, dass der Kunststoff der leitenden Schicht im wesentlichen ionenfrei ist und vorzugsweise in Art eines Styroplastes mit einem makromolekularem Aufbau, z.B. einem Acrylat mit mindestens zum Teil vernetzten Polymeren ausgebildet ist, wodurch das Kunststoffmaterial auch bei der Verwendung als Elektrode nicht altert, da die Kunststoffstruktur durch die Ionenwanderung nicht beeinflusst bzw. zerstört wird.

Nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass der leitende Kunststoff Kunstharzlösungen oder Kunstharze mit Metall- oder Halbmetallverbindungen oder deren Lösungen in einer Menge versetzt enthält, so dass auf ein Kunstharzmolekül annähernd ein Metall- oder Halbmetallatom kommt und der nach dem Mischen unter Zugabe von Reduktionsmittel in geringem Überschuss oder durch an sich bekannte thermische Zersetzung Metall- oder Halbmetallatome enthält und bei dem gebildete oder noch vorhandene Ionen ausgewaschen und die Dispersionen, Lösungen oder Granulate mit Graphit oder Russ versetzt weiter verarbeitet sind, wobei vorzugsweise dem leitenden

Kunststoff Graphitpulver zugesetzt ist, wodurch ein Halbleitmaterial gebildet ist, welches gegenüber den äusseren Umwelteinflüssen widerstandsfähig und zum Aufbau eines grossflächigen elektrischen Feldes gut geeignet ist.

Schliesslich ist es auch möglich, dass der Kunststoff wasserabweisend ist und Poren mit einer Porengrösse aufweist, die den Durchtritt von Wasserdampf durch die Schicht ermöglichen, wodurch auch bei geschlossenen grossflächigen Beschichtungen mit dem leitenden Kunststoff als Elektrode eine Wasserdampfdiffusion und somit ein Ausblühen von Salzen möglich ist und eine einwandfreie Haftung zwischen der Elektrode und der Oberfläche des Schutzmantels über lange Zeit aufrecht erhalten werden kann.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese im folgenden anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert:

Es zeigen:

Fig. 1 eine Brücke in Seitenansicht, bei der die durch die Bewehrung gebildeten Metallteile in einem aus Beton gebildeten Schutzmantel angeordnet sind sowie die diesen zugeordnete erfindungsgemässe Vorrichtung zum Unterbinden der Korrosion der Bewehrung in vereinfachter schematischer Darstellung;

Fig. 2 die Brücke in Stirnansicht geschnitten gemäss den Linien II-II in Fig. 1;

Fig. 3 einen Teil eines Schutzmantels mit darin angeordneten Metallteilen im Bereich einer auf dessen Oberfläche aufgetragenen Elektrode in schaubildlicher Darstellung teilweise geschnitten;

Fig. 4 einen Schnitt durch den Schutzmantel mit der darauf angeordneten Elektrode gemäss den Linien IV-IV in Fig. 3;

Fig. 5 einen Schutzmantel mit darin angeordneten Metallteilen und einer anderen Ausführungsform einer Elektrode ebenfalls in schaubildlicher Darstellung teilweise geschnitten;

Fig. 6 eine erfindungsgemässe Vorrichtung zum Unterbinden der Korrosion von metallischen Bauteilen an einer Stauwand in vereinfachter schematischer Darstellung.

In Fig. 1 ist eine Brücke 1 dargestellt, die aus einer Spannbetonkonstruktion besteht. Der Beton 2 bildet einen Schutzmantel 3 für die im Beton enthaltenen, durch Metallteile 4 gebildeten Bewehrungen 5. Zum Schutz der Metallteile 4 vor Korrosion durch in verschiedenen Längsbereichen derselben ablaufende anodische und kathodische Teilreaktionen aufgrund von galvanischen Elementen, die sich zwischen anodischen und kathodischen Bereichen der Metallteile in dem als Elektrolyt dienenden feuchten Beton, ist eine Vorrichtung 6 vorgesehen. Die Vorrichtung 6 zum Unterbinden der Korrosion der Metallteile umfasst eine Gleichspannungsquelle 7, deren positives Potential an einem Ausgang 8 und deren negatives Potential an einem Ausgang 9 anliegt. Der Ausgang 8 ist mit einer im wesentlichen mittig zwischen Auflagerpunkten 10 der Brücke 1 angeordneten Elektrode 11 verbunden. Der mit dem Minuspotential der Gleichspannungsquelle verbundene Ausgang 9 ist geerdet bzw. über eine Leitung 12 mit der Bewehrung 5 bzw. einem Metallteil 4 derselben kontaktiert.

Wie besser aus Fig. 2 ersichtlich, ist auf einer Oberfläche 13 der Brücke 1, insbesondere auf einer einer Fahrbahn 14 gegenüberliegenden Unterseite bzw. den Seitenwänden des Tragkörpers der Brücke eine als Anode dienende Elektrode 11 angeordnet. Diese Elektrode 11 besteht aus einer Schicht 15 eines leitfähigen Kunststoffes 16, beispielsweise einem ionenfreien Duroplast mit makromolekularem Aufbau, welcher zur Erhöhung der Leitfähigkeit mit Graphit versetzt ist. Derartige leitfähige Kunststoffe sind beispielsweise aus der AT-PS 313 588 eines der beiden Anmelder bekannt. Der we-

sentliche Vorteil bei der Verwendung derartiger leitender Kunststoffe für die leitende Schicht 15 liegt darin, dass sie auch bei Einwirkung von elektrischen Strömen eine hohe Alterungsbeständigkeit besitzen. Vor allem bei Feuchtigkeitseinwirkung kann keine Ionenleitung eintreten und es wird somit eine Zerstörung des Kunststoffes verhindert.

Wie weiters aus Fig. 2 zu ersehen ist, sind die die Bewehrung 5 bildenden Metallteile 4 in den Beton 2 eingebettet. Beim Abbinden und Erhärten des Portlandzementes entsteht 10 Kaliumhydroxyd, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ und es bildet sich im Porenwasser des Betons eine stark alkalische Lösung mit pH-Werten, die grösser als 12,5 sind. In dieser Umgebung sind Metallteile, insbesondere aus Stahl, durch eine dünne oxidische Deckschicht (Massivschicht) vor Korrosion geschützt. Der Beton 2 bildet einen Schutzmantel 3, also einen sekundären mechanischen Schutz gegen Verletzungen dieser Massivschicht und verhindert gleichzeitig auch – zumindest bei dichtem Beton – das Eindringen von aggressiven Stoffen bis zur Bewehrung 5.

20 Kommt es jetzt beispielsweise durch Carbonisierung des Betons, u.a. durch die Einwirkung von Kohlendioxyd aus der Luft, so sinkt der pH-Wert im Bereich der Bewehrung 5. Dringen durch die carbonisierte Oberfläche zusätzlich aggressive Stoffe, wie beispielsweise Chloride durch die Salzstreuung oder dgl. ein, so wird die oxydische Deckschicht des Stahles aufgelöst und es kommt zwischen jenen Bereichen in der Bewehrung 5 bzw. der Metallteile 4, in welchen diese oxydische Deckschicht aufgelöst ist und jenen, wo die oxydische Deckschicht aufgrund der stark alkalischen Lösung 25 einen noch hohen pH-Wert aufweist, zur Bildung eines galvanischen Elementes, wobei die Feuchtigkeit im Beton den Elektrolyten bildet.

Diese Korrosion des Armierungsstahles durch das galvanische Element erfolgt durch eine getrennte Oxydation im Bereich der unbeschädigten, im alkalischen Bereich liegenden Metallteile und zu einer Reduktion im Bereich jener Teile der Metallteile, in welchen die oxydische Deckschicht durch die Einwirkung von aussen zerstört ist.

Dadurch, dass nun mit der Vorrichtung 6 zum Unterbinden der Korrosion die Oberfläche des Schutzmantels 3 positiv bzw. die gesamten übrigen Bereiche demgegenüber negativ gehalten werden, kann sich nunmehr auch aufgrund des elektrischen Feldes zwischen der am positiven Potential der Gleichspannungsquelle anliegenden Anode und der am negativen Potential anliegenden Bewehrung 5 kein Oxydationsvorgang einstellen und somit kommt es zu einer Neutralisierung der galvanischen Elemente, da die Metallteile jeweils eindeutig am negativen Potential anliegen und zwischen unterschiedlichen Bereichen dieser Metalle daher keine Potentialdifferenz mehr entstehen kann. Diese Art der galvanischen Elemente aus gleichartigen Metallen in verschiedenen Elektrolyten – die an sich durch den gleichen Elektrolyten, nämlich Feuchtigkeit im Beton, jedoch mit unterschiedlichem pH-Wert gebildet werden – entstehen nicht durch die 55 Potentialdifferenz verschiedener Metalle nach der Spannungsreihe, sondern durch heterogene Zusammensetzung der Elektrolyten, im wesentlichen infolge von Konzentrationsunterschieden, die eben bei gleichartigen Elektrolyten auftreten können. Diese Elemente werden üblicherweise als 60 Konzentrationselemente bezeichnet. Durch das Aufbringen eines gerichteten elektrischen Feldes mit genau definierten positiven und negativen Potentialen wird der Korrosionsstrom, der durch galvanische Elemente entsteht, überlagert und dadurch wirkungslos bzw. kompensiert. Das durch die 65 Vorrichtung 6 zum Unterbinden der Korrosion aufgebaute Feld bzw. die in diesem Feld fliessenden Ströme sollen meist höher sein, als die durch die Konzentrationselemente entstehenden Korrosionsströme. Der im elektrischen Feld 17 –

welches schematisch durch Feldlinien 18 angedeutet ist – fließende Strom – der auch als Schutzstrom bezeichnet wird – ist im vorliegenden Fall relativ gering, da bei einer grossen Leitfähigkeit des durch die Feuchtigkeit im Beton gebildeten Elektrolyten eine kathodisch kontrollierte Korrosion vorliegt. Durch den geringen Elektrolytwiderstand ergibt sich damit ein Schutzstrombedarf, der nur in etwa gleich dem Korrosionsstrom der bei nicht vorhandenem elektrischem Feld wirkenden galvanischen Elemente sein kann.

Ein weiterer Vorteil, der durch den Aufbau eines gerichteten elektrischen Feldes erzielt wird, liegt darin, dass die negativen Ionen der eindringenden Chloride bzw. Salze durch das elektrische Feld in Richtung der am positiven Potential anliegenden Elektrode 11, also der Anode, wandern und dort ausblühen. Um diesen negativen Chloridionen ein Ausblühen zu ermöglichen und um zu verhindern, dass durch dieses Ausblühen der Salze die Elektrode 11 vom Schutzmantel 3 abgesprengt wird, weist der leitfähige Kunststoff 16 Poren auf, deren Porengrösse ausreicht, um eine Wasserdampfdiffusion und damit ein Ausblühen der negativen Ionen, also der Salze und dgl., zu ermöglichen. Dabei handelt es sich um die Anionen und Hydroxydionen, wie z.B. Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , COO^- , OH^- sowie CH_3^- . Die Kationen, also die positiven Metallionen, wie z.B. K^+ , Na^+ , Ca^{2+} wandern dagegen zu den negativ geladenen Metallteilen bzw. zu der am negativen Potential anliegenden Elektrode im Bereich der Fundamente bzw. des die Fundamente umgebenden Erdbodens. Diese Bewegung der Flüssigkeit beruht darauf, dass im allgemeinen an der Berührungsfläche zweier verschiedener Substanzen ein elektrischer Potentialsprung auftritt. Es treten Elektronen von einem Medium ins andere über. Dies erklärt sich aus der verschiedenen elektrischen Anziehungskraft der Atome auf die Elektronen. Nach dem Coehnschen Ladungsgesetz lädt sich der Körper mit der kleineren Dielektrizitätskonstanten negativ auf. Die Folge ist die Bildung einer Ionenschicht an der einen Grenzfläche, der ein entgegengesetzt gleich grosser Ladungsüberschuss im anderen Stoff gegenüberliegt. Nach aussen bleibt dieses elektrische Phänomen aber neutral, da sich die beiden Ionenschichten in ihrer Wirkung aufheben. Im konkreten Fall des feuchten Bodens hat man eine positive Ionenschicht in den Wasserpunkten und einen Anionenüberschuss an den Bodenkornoberflächen.

Die Bodenpartikel kann man als festgehalten ansehen, während die Wassermoleküle sich frei bewegen können. Legt man im wassererfüllten Erreich ein äusseres elektrisches Feld an, so verschieben sich die positiven Ladungsträger des Wassers entlang der Feldlinien und wandern zur Kathode. Das bedeutet einen elektrischen Strom und gleichzeitig eine Flüssigkeitsströmung. Durch das aufgebaute elektrische Feld wird der vorstehend beschriebene Effekt dazu benutzt, um die Feuchtigkeit bzw. Flüssigkeit aus dem Stahlbetonbau bzw. Bauwerk in den Erdboden bzw. Fundament abzuführen. Dadurch kann das Bauwerk neben dem erzielten Korrosionsschutz für die Bewehrungsteile auch trocken gehalten werden. Die Feldrichtung im elektrischen Feld verhindert dabei nämlich auch die Bildung von Lokalelementen zwischen dem Elektrolyt und den Bewehrungselementen, da die Differenzspannung zwischen den Bewehrungsmaterialien und der am negativen Potential anliegenden Elektrode nicht ausreicht, um eine Korrosion an den Bewehrungselementen entstehen zu lassen.

Wie weiters in Fig. 1 angedeutet, kann das elektrische Feld durch Verwendung einer Gleichspannungsquelle 7 aufgebaut werden. Anstelle eines Netzgerätes, mit dem von einer Hochspannungsversorgung die entsprechende Niederspannung erzeugt wird, ist es auch möglich, Sonnenkollektoren bzw. Magnesiumanoden zu verwenden, um die Elektro-

de 11 an positives Potential anzulegen, sodass diese als Anode wirkt. Wird dabei als leitfähiger Kunststoff einer verwendet, wie er in der AT-PS 313 588 beschrieben ist, so kann auf einen Anschluss an eine Gleichspannungsquelle bzw. an ein positives Potential verzichtet werden, da durch die Halbleitereigenschaften dieses Materials die Elektrode 11 positives Potential annimmt.

In Fig. 3 ist eine andere Ausführungsform einer Elektrode 19, die am positiven Potential einer Gleichspannungsquelle 7 anliegt, dargestellt. Diese besteht aus einer auf die Oberfläche 13 eines Schutzmantels 3 aufgetragenen Schicht 20 und aus einem elektrisch leitenden Kunststoff 21. Auf diese Schicht 20 wird ein Flächenleiter 22 aufgebracht, der als Sandwechelement aufgebaut ist und eine leitende Folie 23 umfasst, die zwischen zwei Isolationsschichten 24 angeordnet ist. In den Flächenleiter 22 sind Durchbrüche 25 vorgesehen, in welchen die leitende Folie 23 mit dem Innenraum der Durchbrüche direkt verbunden ist, d.h. also, durch die Isolationsschichten 24 nicht abgedeckt wird.

Der Flächenleiter 22 wird dann seinerseits mit einer weiteren Schicht 26 eines elektrisch leitenden Kunststoffes 21 – wobei es sich bei diesem um den selben leitenden Kunststoff wie bei der Schicht 20 handeln kann – abgedeckt, wobei auch die Stirnseiten der Durchbrüche 25 mit dem Kunststoff 21 abgedeckt und der Kunststoff 21 der Schicht 26 mit dem der Schicht 20 kontaktiert wird. Damit wird über eine Vielzahl von Kontaktierungspunkten der elektrisch leitende Kunststoff 21 mit dem positiven Potential der Gleichspannungsquelle 7 verbunden und es entsteht eine grossflächige Elektrode, die auch bei Schwingungen bzw. Unterbrechungen von einzelnen Leitungsverbindungen eine flächenhafte Spannungsversorgung und somit das Auftreten von Strom- und Spannungsspitzen im Bereich der Elektrode bzw. des durch die Elektrode aufgebauten elektrischen Feldes 17, welches wieder durch Feldlinien 18 schematisch angedeutet ist, vermeidet.

In Fig. 4 ist anhand des Schnittes durch die Elektrode 19 in Fig. 3 die Abdeckung der Stirnseiten der Durchbrüche 25 durch den elektrisch leitenden Kunststoff 21 der Schicht 26 besser ersichtlich. Durch diese Schicht 26 erfolgt auch die Kontaktierung bzw. Spannungs- und Stromeinspeisung an die Schicht 20.

In Fig. 5 ist eine andere Ausführungsvariante einer Elektrode 27 gezeigt, die ebenfalls auf eine Oberfläche 13 eines Schutzmantels 3 eines Baukörpers aufgebracht ist. Bei dieser Ausführungsform wird der Flächenleiter 22 zur Spannungs- bzw. Stromeinspeisung in eine auf der Oberfläche 13 aufgetragene Schicht 28 aus leitendem Kunststoff durch ein Netz 29 aus elektrisch leitenden Materialien gebildet. Dieses Netz kann beispielsweise aus Kunststoff bzw. Kohle- oder Metallfasern gebildet sein, deren Spannungsabstand in der elektrochemischen Spannungsreihe zum Kohlenstoff des diesen umgebenden Kunststoffes gering ist.

Zweckmässig ist es hierbei möglich, das in der EP-OS 100 845 eines der beiden Anmelder beschriebene Verstärkungs- bzw. Traglelement als Elektrode zu verwenden. Dieses Netz 29 wird in die Schicht 28 aus elektrisch leitendem Kunststoff eingebettet bzw. wird, wie dies anhand der Fig. 3 und 4 beschrieben, eine weitere Schicht 26 aus elektrisch leitendem Kunststoff aufgebracht, um eine ausreichende Kontaktierung zwischen der Oberfläche des leitend ausgebildeten Netzes 29 und der auf der Oberfläche 13 des Schutzmantels 3 angeordneten leitenden Schicht 28 zu erzielen.

Selbstverständlich ist es im Rahmen der Erfindung möglich, an einem Schutzmantel eines Bauwerkes, beispielsweise einer Brücke oder eines Hochbaues oder eines Tiefbauwerkes, mehrere solche Elektroden, die an das positive Potential

einer Gleichspannungsquelle angeschlossen sind, zu verwenden. So ist es vorteilhaft, die Elektrode 11, 19 und 27 im vom Fundament am weitesten entfernten Bereich eines Bauwerkes anzuordnen, um somit ein gegen das Fundament gerichtetes klar definiertes elektrisches Feld zu erhalten, in dem das negative Potential im Bereich des Erdbodens liegt.

In Fig. 6 ist eine Staumauer 30 gezeigt, die zum Aufstauen von Wasser 31 dient. Auf einer vom Wasser 31 abgewendeten Oberfläche 32 der Staumauer ist eine erfindungsgemäße Elektrode 33 angeordnet, die am positiven Potential einer Gleichspannungsquelle 7 angeschlossen ist und als Anode dient. Das negative Potential der Gleichspannungsquelle 7 wird geerdet, sodass Metallteile 34, die die Bewehrung der Staumauer 30 bilden, negatives Potential annehmen.

Darüberhinaus wandert die Feuchtigkeit in Richtung der negativ geladenen Bereiche, also der mit dem Wasser 31 benetzten Oberfläche der Staumauer 30, sodass in der Staumauer 30 eine durch Schraffur ersichtlich gemachte Zone 35 geschaffen wird, die durch die Wirkung des elektrischen Feldes trocken gehalten ist, sodass insbesondere bei Umgebungstemperaturen im Bereich der Staumauer 30, die unterhalb dem Gefrierpunkt liegen, Frostschäden in der Oberfläche 32 der Staumauer 30 verhindert sind. Durch das elektri-

sche Feld, welches mittels der Elektrode 33 gebildet wird, wird somit ein Korrosionsschutz und gleichzeitig ein Oberflächenschutz derartiger Staumauern 30 erzielt. Die Anwendung des Verfahrens bzw. der Einsatz einer derartigen Schutzvorrichtung ist natürlich nicht auf Staumauern beschränkt, sondern kann beispielsweise auch für jedwede andere Bauwerke, die auf einer Seite mit dem Wasser und auf der anderen Seite mit Luft in Berührung kommen, Anwendung finden.

Darüberhinaus ist es selbstverständlich möglich, die Ausbildung der Elektrode vielfach abzuwandeln. Wesentlich ist lediglich, dass die am positiven Potential anliegende Elektrode grossflächig mit einer Oberfläche des Bauwerkes verbunden ist. Desweiteren ist es entsprechend den örtlichen Gegebenheiten wahlweise möglich, den am negativen Potential anliegenden Ausgang der Gleichspannungsquelle lediglich zu erden oder mit den zu schützenden Metallteilen bzw. Bewehrungen direkt zu verbinden.

Weiters ist es auch möglich, anstelle des leitenden bzw. halbleitenden Kunststoffes leitende Silikate oder ähnliche leitende Materialien für die leitenden Schichten bzw. Elektroden zu verwenden.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 3

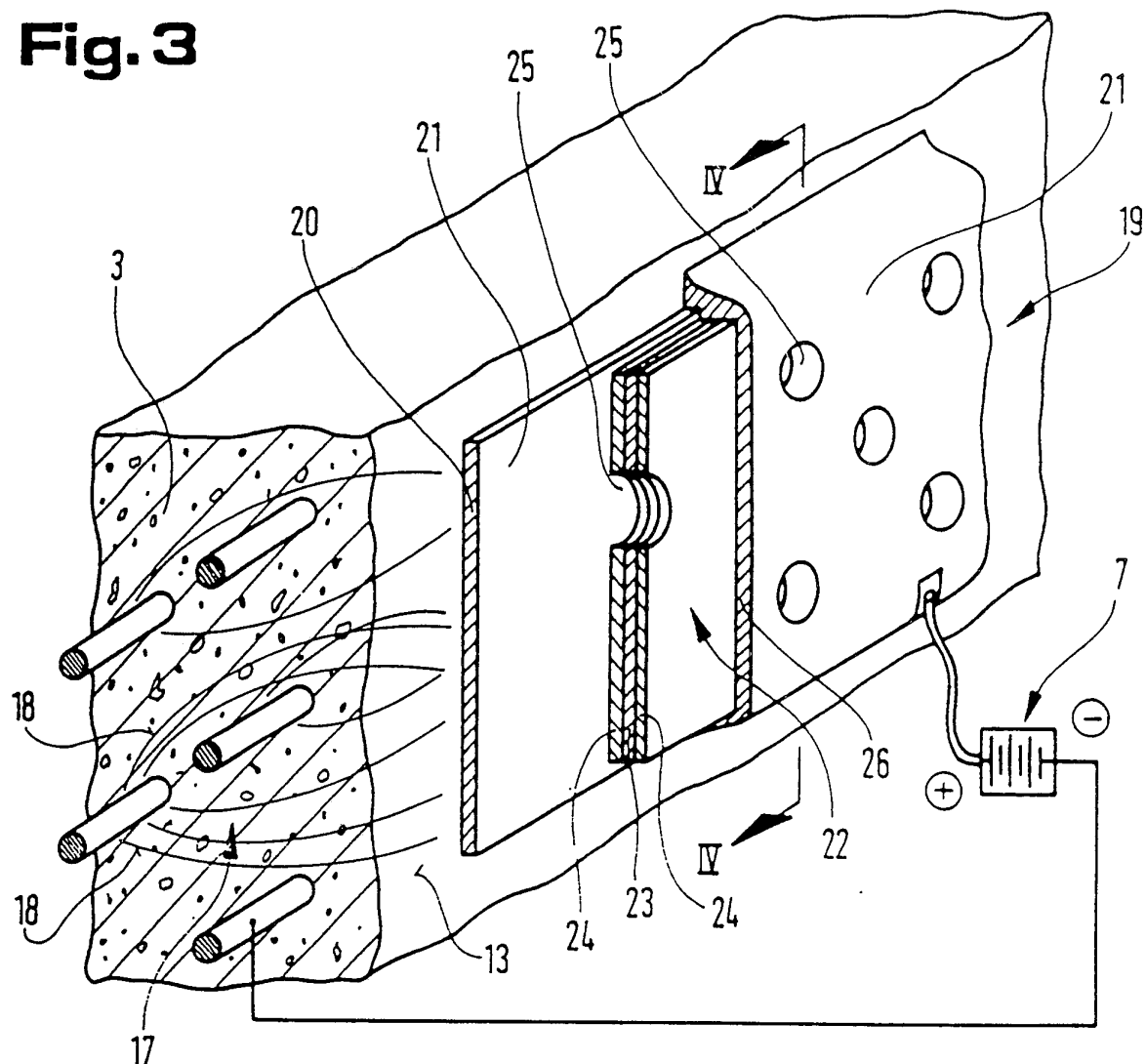


Fig. 4

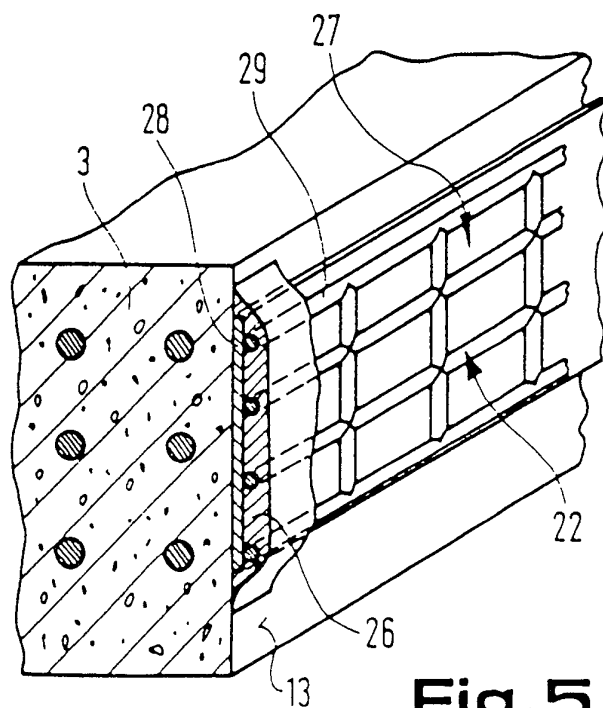
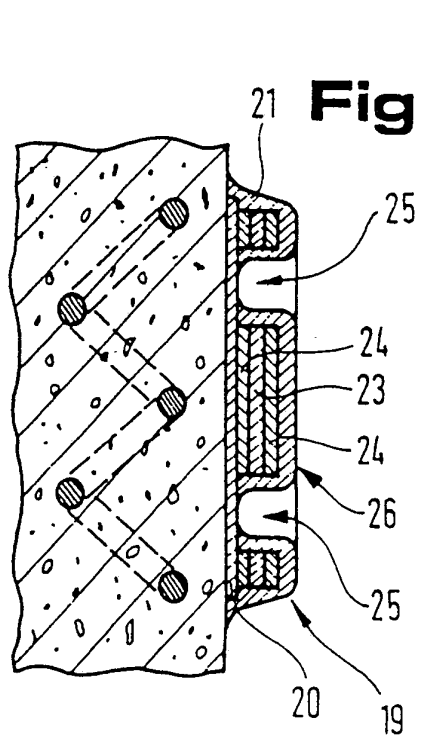


Fig. 5