



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.05.2022 Patentblatt 2022/18

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C23F 13/04^(2006.01) C23F 13/06^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20205278.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C23F 13/04; C23F 13/06; C23F 2201/02

(22) Anmeldetag: **02.11.2020**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

• **Faulhaber, Armin**
64832 Babenhausen (DE)

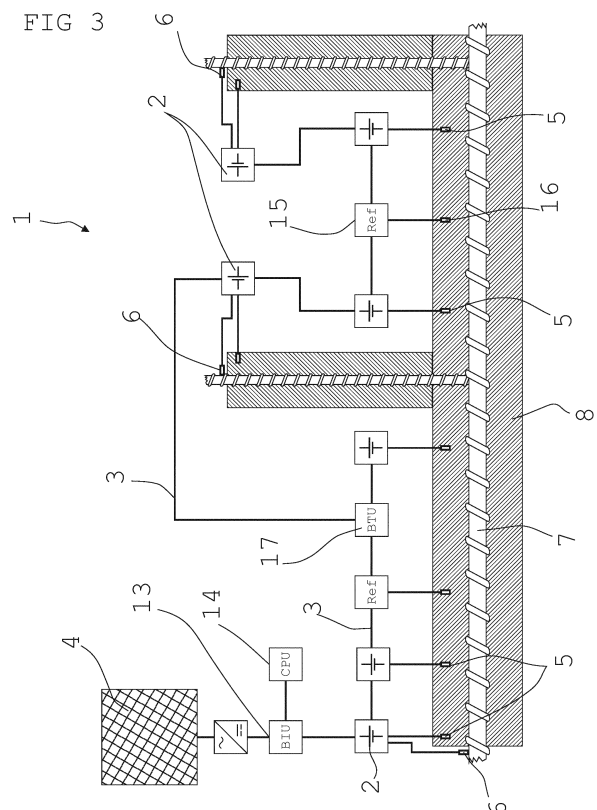
(72) Erfinder:
• **Gerhard, Gregor**
65203 Wiesbaden (DE)
• **Faulhaber, Armin**
64832 Babenhausen (DE)

(71) Anmelder:
• **Gerhard, Gregor**
65203 Wiesbaden (DE)

(74) Vertreter: **Habermann Intellectual Property**
Partnerschaft von Patentanwälten mbB
Dolivostraße 15A
64293 Darmstadt (DE)

(54) **KORROSIONSSCHUTZEINRICHTUNG ZUM SCHUTZ VON ELEKTRISCH LEITFÄHIGEN UND IN BETON EINGEBRACHTEN BEWEHRUNGEN VOR KORROSION**

(57) Die Erfindung betrifft eine Korrosionsschutzeinrichtung (1) zum Schutz von elektrisch leitfähigen und in einem Betonbauteil in Beton (8) eingebetteten Bewehrungen (7) vor Korrosion mit mindestens einem Kathodenanschluss (6) und mit mehreren Anoden (5), zwischen denen mit einer Energieversorgungseinrichtung (4) eine Potentialdifferenz vorgegeben werden kann, wobei der mindestens eine Kathodenanschluss (6) mit der Bewehrung (7) elektrisch leitend verbunden ist und die Anoden (5) beabstandet zu dem mindestens einen Kathodenanschluss (6) verteilt in dem Beton (8) eingebracht sind. Die Korrosionsschutzeinrichtung (1) weist eine gleichgroße Anzahl von Potentialdifferenzsteuer-einrichtungen (2) und Anoden (5) auf, sodass jede Anode (5) jeweils einer Potentialdifferenzsteuer-einrichtung (2) zugeordnet ist, und wobei jede Potentialdifferenzsteuer-einrichtung (2) eine zwischen der ihr zugeordneten Anode (5) und dem mindestens einen Kathodenanschluss (6) anliegende Anodenpotentialdifferenz unabhängig von jeder anderen Anodenpotentialdifferenz einer der restlichen Anoden (5) zu dem mindestens einen Kathodenanschluss (6) steuern kann.



Beschreibung

[0001] Korrosionsschutteinrichtung zum Schutz von elektrisch leitfähigen und in Beton eingebrachten Bewehrungen vor Korrosion

[0002] Die Erfindung betrifft eine Korrosionsschutteinrichtung zum Schutz vor Korrosion einer elektrisch leitfähigen und in einem Betonbauteil in Beton eingebetteten Bewehrung mit einem Betonbauteil, mit einer in dem Beton des Betonbauteils eingebetteten Bewehrung, mit mindestens einem Kathodenanschluss und mit mehreren Anoden, zwischen denen mit einer Energieversorgungseinrichtung eine Potentialdifferenz vorgegeben werden kann, wobei der mindestens eine Kathodenanschluss mit der Bewehrung elektrisch leitend verbunden ist und die Anoden beabstandet zu dem mindestens einen Kathodenanschluss und der Bewehrung verteilt in dem Beton oder auf einer Oberfläche des Betonbauteils festgelegt sind, sodass durch die vorgegebene Potentialdifferenz ein Kathodenschutzstrom von den Anoden durch die Bewehrung zu dem Kathodenanschluss erzeugt wird, um eine unerwünschte Oxidation und dadurch verursachte Korrosion der Bewehrung zu reduzieren.

[0003] In der Praxis werden beispielsweise Stahlbewehrungen oftmals dafür eingesetzt, Betonbauteile zu verstärken, indem die Stahlbewehrungen während der Herstellung des Betonbauteils in den Beton eingebracht werden, einen Stahlbetonverbundwerkstoff bilden und somit zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Betonbauteils beitragen. Allerdings ist die in den Beton eingebettete Stahlbewehrung durch den umgebenden Beton nicht dauerhaft vor Umgebungseinflüssen geschützt. Insbesondere durch Feuchtigkeit, die in das Betonbauteil eindringen kann, können korrosive Prozesse begünstigt werden, welche die Stahlbewehrungen schwächen oder beschädigen können, und dadurch zu einer Beeinträchtigung oder Beschädigung des Betonbauteils führen können.

[0004] Üblicherweise ist Beton alkalisch und weist einen hohen pH-Wert von über 13 auf, sodass die Stahlbewehrung ein dünner Passivfilm umgibt, der die Stahlbewehrung vor Korrosion schützt. Der Korrosionsschutz der Stahlbewehrung durch den alkalischen Beton ist jedoch nicht nachhaltig. Denn einerseits kann CO₂ aus der Umgebungsluft in den Beton eindringen und dessen Alkalität senken und andererseits können Chloridionen in den Beton diffundieren oder kapillar von Wasser zur Stahlbewehrung getragen werden. Diese und weitere Prozesse begünstigen eine Korrosion der Stahlbewehrung, wobei beispielsweise die Chloridionen in einer anodischen Reaktion der Stahlbewehrung Elektronen entziehen. Eine durch chloridinduzierte Lochkorrosion im Querschnitt geschwächte Stahlbewehrung oder aus dem Stahlverbund getrennte Stahlbewehrung, beispielsweise infolge von Betonabplatzungen durch flächige Korrosion, verliert nachhaltig ihre Tragfähigkeit und destabilisiert das Betonbauteil bei Belastungen.

[0005] Aus der Praxis sind verschiedene Möglichkeiten bekannt, eine unerwünschte Korrosion der Stahlbewehrung aktiv zu verringern oder zu verhindern. Die Industrienorm DIN EN ISO 12696:2016 empfiehlt beispielsweise, die anodisch wirkende chloridinduzierte Lochkorrosion dadurch zu reduzieren, dass das Potential der Stahlbewehrung in eine kathodische Richtung verschoben wird. Die Elektronen des kathodischen Potentials fluten die Stahlbewehrung und kompensieren den chloridinduzierten Elektronenschwund und damit die Lochkorrosion.

[0006] Üblicherweise wird hierzu in der Praxis eine Gleichspannungsquelle über elektrisch leitend mit der Stahlbewehrung verbunden und über einen oder mehrere Anodenanschlüsse mit mehreren Anoden verbunden, wobei die Anode beabstandet zu der Stahlbewehrung in den Beton eingebracht wird oder auf den Beton aufgebracht und anschließend mit dem Beton leitfähig kontaktiert wird. Hierbei dient das Kontaktierungsmaterial mit dem Beton als Elektrolyt.

[0007] Während des Betriebs einer derartigen Korrosionsschutteinrichtung wird eine ausreichend hohe Einspeisespannung, die üblicherweise in einem Bereich von einigen Volt liegt, mittels der Gleichspannungsquelle zwischen der Anode und Kathode angelegt. Dadurch wird auf Grund eines Bahnwiderstandes des Betons ein ausreichend hoher Kathodenschutzstrom zwischen der Anode und der Stahlbewehrung erzeugt, der den chloridinduzierten oder durch Karbonatisierung hervorgerufenen Elektronenschwund in der Stahlbewehrung reduziert bzw. kompensiert. Auf diese Weise kann die Korrosion reduziert bzw. auf ein bautechnisch vernachlässigbares Maß reduziert werden.

[0008] Dieser prinzipiell einfache und effektive Korrosionsschutz wird in der Praxis jedoch durch mehrere Faktoren beeinträchtigt und erschwert. In Abhängigkeit von der sich zeitlich auch ändernden Zusammensetzung des Betons und von den lokalen Umgebungsbedingungen kann der Kathodenschutzstrom erheblich variieren. Der die Korrosionsrate reduzierende Kathodenschutzstrom der Gleichspannungsquelle schützt nur eine im Stahlbetonverbund liegende Bewehrung in einer näheren Umgebung der Anode, weshalb die DIN EN ISO 12696:2016 mehrere Anoden- und Kathodenanschlüsse entlang des Betons und der Stahlbewehrung fordert mit eventuell mehreren Gleichspannungsquellen. Weiter darf die Einspeisespannung an jeder Anode gemäß der DIN EN ISO 12696:2016 nicht um mehr als 10% an jedem Punkt der Anode von einem einzuspeisenden Sollwert abweichen, da sonst eine ausreichende Schutzwirkung der Stahlbewehrung nicht mehr gewährleistet werden kann. Bei größeren Betonbauteilen wie beispielsweise einer Parkgarage sind zahlreiche Kathoden und Anoden sowie Kathoden- und Anodenanschlüsse der Gleichspannungsquelle erforderlich, um einen großflächigen Korrosionsschutz zu ermöglichen. Die räumliche Verteilung der Stahlbewehrung mit den Kathodenanschlüssen und der Anoden der Gleichspannungsquelle erschwert die Er-

zeugung eines über eine lange Nutzungsdauer gleichmäßigen Kathodenschutzstroms.

[0009] Aus der Druckschrift DE 10 2008 032 629 A1 ist ein Verfahren und eine für die Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung zur Überwachung von kathodischen Korrosionsschutz-Anlagen bekannt. Dabei werden vor der Inbetriebnahme und während des Betriebes der Korrosionsschutz-Anlagen mittels eines Makrozellensensors die lokalen Makrozellenströme gemessen, wobei die Änderung der lokalen Makrozellenströme infolge der Inbetriebnahme und des Betriebs der Korrosionsschutz-Anlagen zur Beurteilung der Korrosionsschutzwirkung herangezogen wird.

[0010] Die aus der Druckschrift bekannten Makrozellensensoren sind danach beispielsweise fünf Bewehrungsstahlstäbe, die mittels Epoxydharz in ein Trägerrohr aus rostfreiem Stahl eingebettet sind. Das Epoxidharz dient zur Fixierung in den kreisförmigen Öffnungen des Trägerrohrs und zur elektrischen Isolierung der Stahlstäbe vom Trägerrohr. Das Trägerrohr mit dem Makrozellensensorsatz wird in ein mit Ankermörtel gefülltes Bohrloch im mit Stahl bewehrten Betonbauteil eingesetzt. Eine elektrische Spannungsquelle versorgt den Makrozellensensorsatz dementsprechend. Nachteilig an dem in dieser Druckschrift beschriebenen Verfahren ist, dass dieses Verfahren keine normgerechte Verteilung des die Stahlbewehrung schützenden Kathodenschutzstromes beinhaltet.

[0011] Es wird als eine Aufgabe der Erfindung angesehen, eine Korrosionsschutzeinrichtung bereitzustellen, die auch für größere Betonbauteile eine normgerechte gleichmäßige Verteilung des Kathodenschutzstromes vorgibt und gegebenenfalls überwachen sowie steuern kann.

[0012] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Korrosionsschutzeinrichtung eine gleichgroße Anzahl von Potentialdifferenzsteuereinrichtungen und Anoden aufweist, sodass jede Anode jeweils einer Potentialdifferenzsteuereinrichtung zugeordnet ist, und wobei jede Potentialdifferenzsteuereinrichtung eine zwischen der ihr zugeordneten Anode und dem mindestens einen Kathodenanschluss anliegende Anodenpotentialdifferenz unabhängig von jeder anderen Anodenpotentialdifferenz einer der restlichen Anoden zu der mindestens einen Kathode steuern kann, sodass eine Schutzstromverteilung des Kathodenschutzstromes verteilt auf die von dem mindestens einen Kathodenanschluss beabstandeten Anoden durch deren Potentialdifferenzsteuereinrichtungen eingestellt werden kann.

[0013] Erfindungsgemäß kann die Potentialdifferenzsteuereinrichtung optional nur einen Kathodenanschluss oder auch mehrere Kathodenanschlüsse aufweisen, die jeweils mit der Bewehrung elektrisch leitend verbunden sind, sodass die Bewehrung selbst die Kathode bildet. Optional kann die Potentialdifferenzsteuereinrichtung auch einen oder mehrere Anodenanschlüsse aufweisen, die jeweils mit der zur jeweiligen Potentialdifferenzsteuereinrichtung zugeordneten Anode elektrisch leitend ver-

bunden sind. Dadurch ergibt sich eine große Anzahl an Möglichkeiten, die Potentialdifferenzsteuereinrichtung mit den mehreren Anoden und der mindestens einen Kathode bzw. der Bewehrung selbst elektrisch leitend zu verbinden, sodass sich eine ausreichend kleine Impedanz einstellt und ein ausreichend hoher Kathodenschutzstrom zuverlässig fließen und die Bewehrung schützend wirken kann.

[0014] Die Anoden können danach während eines Gießvorgangs des Betonbauteils direkt in den Beton eingebettet werden. Sie können auch mittels Bohrlöcher in den Beton und das Betonbauteil eingelassen werden oder in Form eines Netzes auf einer oder mehreren Oberflächen des Betonbauteils verteilt und anschließend mit einem elektrisch leitfähigen Mörtel an der Oberfläche festgelegt werden. Der Mörtel und der Beton wirken gleichermaßen wie ein Elektrolyt.

[0015] Dabei können die Anoden mittels einer elektrisch leitfähigen Beschichtung auf die Oberfläche des Betonbauteils appliziert werden. Alternativ können die Anoden auch auf die Oberfläche des Betonbauteils appliziert werden, und anschließend mittels einer mineralischen Schicht umhüllt werden, sodass die Anoden über eine elektrolytische Wirkverbindung mit dem Betonbauteil in Verbindung bringbar sind.

[0016] Die derart an oder in dem Betonbauteil hergestellten Anoden werden jeweils mit mindestens einem zugeordneten Anodenschluss elektrisch leitend kontaktiert und damit die einzelnen Anoden elektrisch leitend mit der jeweils zugeordneten Potentialdifferenzsteuereinrichtung verbunden.

[0017] Die Potentialdifferenzsteuereinrichtung kann als Gleichspannungsquelle, Stromrichter oder besonders vorteilhaft als strom- und spannungsvariable Gleichspannungseinheit ausgestaltet sein, wobei die Anodenpotentialdifferenz zwischen der Anode und der mindestens einen mit der Bewehrung elektrisch leitfähig verbundenen Kathode anliegt und die jeweilige Einspeisepotentialdifferenz stellt. Erfindungsgemäß kann die Potentialdifferenzsteuereinrichtung aktiv die Anodenpotentialdifferenz erhöhen oder verringern, sodass der durch die Anode fließende Anteil des Kathodenschutzstromes aktiv angepasst werden kann.

[0018] Bei den aus der Praxis bekannten Korrosionsschutzeinrichtungen sind viele Anoden mit einem einzigen Gleichrichter verbunden. Anpassungen einzelner Anoden werden, wenn überhaupt, mit einem Potentiometer an der Einspeiseposition eingestellt, wobei mehrere Einspeisestellen einem Gleichrichter oder dergleichen zugeordnet sind. Dadurch beeinflussen sich die Einspeisespannungen gegenseitig, da sich der Kathodenschutzstrom überlagernd auf die an demselben Gleichrichter angeschlossenen Gleichrichter verteilen muss. Kann ein Anteil des Kathodenschutzstromes nicht durch eine Anode hindurchfließen, weil der Widerstand des Potentiometers höher ist, muss er durch eine andere Anode durchfließen. Auch ist die Einstellung eines gewünschten Einspeisepotentials und Kathodenschutz-

stromes in der Praxis aufwendig, da bei jeder Einstellung ein Besuch vor Ort mit aufwändigen Justierungen notwendig ist, weil sich die Umgebungsbedingungen geändert haben oder die Korrosionseinrichtung erst eingestellt werden muss.

[0019] Da die mehreren von dem mindestens einen Kathodenanschluss und der Bewehrung beabstandeten Anoden unterschiedlich weit von der Kathode und dem mindestens einen Kathodenanschluss entfernt sind, würde der größte Anteil des Kathodenschutzstromes naturgemäß den Weg des geringsten Bahnwiderstandes zu der Anode mit der geringsten Beabstandung nehmen, was gleichzeitig bedeutet, dass durch die entfernteste Anode der geringste Anteil des Kathodenschutzstroms fließen würde. Unabhängige Anodenpotentialdifferenzen, welche durch die Potentialdifferenzsteuereinrichtungen einstellbar sind, sind deshalb auch dahingehend vorteilhaft, dass mit den Potentialdifferenzsteuereinrichtungen die Anodenpotentialdifferenz für jede Anode in Abhängigkeit von deren Abstand so vorgegeben bzw. abgesenkt werden kann, dass die Bahnwiderstände der jeweiligen Anoden mit dem Ziel eines gleichverteilten Kathodenschutzstromes angeglichen werden können. Dadurch kann die Schutzwirkung des Kathodenschutzstromes gleichmäßig auf die elektrisch leitfähige Bewehrung verteilt und an eine normgerechte Schutzstromverteilung angepasst werden.

[0020] Weiter kann jede Anode der erfindungsgemäßen Korrosionsschutzeinrichtung durch die zugeordnete Potentialdifferenzsteuereinrichtung auf eine korrekte Funktion überwacht werden, sodass ein Ausfall einer Anode normgerecht erkannt werden kann. Die Potentialdifferenzsteuereinrichtungen können dahingehend auch sehr viel kleiner, beispielsweise als Kleinspannungseinspeiser oder Kleinstromeinspeiser mit nur 1A Nennstrom, ausgestaltet werden, da sie nur auf einen Anteil des Kathodenschutzstromes gemäß der eingestellten Schutzstromverteilung ausgelegt werden müssen. Danach können die normgerechten Spannungen zwischen der betreffenden Anode und dem mindestens einen Kathodenanschluss effektiv eingestellt werden oder aber der die jeweilige Anode umgebende Einspeisepunkt kann mittels des Kleinstromeinspeisers stromgesteuert betrieben und geregelt werden.

[0021] Durch die direkte Steuerung der Anodenpotentialdifferenz durch die Potentialdifferenzsteuereinrichtung müssen deshalb auch die Spannungsabfälle auf den Zuleitungen nicht mehr beachtet werden, denn diese werden von der Potentialdifferenzsteuereinrichtung an der Anode direkt kompensiert. Erfindungsgemäß können so die Anodenpotentialdifferenzen an den Anoden normgerecht und flächendeckend unter 10% des für die Einspeisespannung geltenden Sollwertes gehalten werden, sodass mit der erfindungsgemäßen Korrosionsschutzeinrichtung ein durchgehend gleichmäßiger Korrosionsschutz der Bewehrung erreicht werden kann.

[0022] Eine effektive Verteilung und Übertragung der elektrischen Energie, Mess- und Informationssignale

kann vorteilhaft dadurch erfolgen, wenn gemäß einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Korrosionsschutzeinrichtung vorgesehen ist, dass die Potentialdifferenzsteuereinrichtungen untereinander mit einer Hybridleitung verbunden sind, wobei mindestens eine Potentialdifferenzsteuereinrichtung mit der Energieversorgungseinrichtung mittels der Hybridleitung in Verbindung bringbar ist, und wobei die Hybridleitung elektrische Energie, Messwerte und Informationssignale übertragen kann.

[0023] Die Hybridleitung trägt hierbei alle Mess- und Signalleitungen, die notwendig sind, um eine Steuerung der Potentialdifferenzsteuereinrichtungen und eine Kommunikation mit diesen zu gewährleisten, sowie die kathodenschutzstromführenden Leitungen innerhalb einer Ummantelung. Nicht nur die Leitungsführung und -verlegung ist dadurch vereinfacht, die meisten Potentialdifferenzsteuereinrichtungen benötigen auf diese Weise keinen eigenen mit der Bewehrung elektrisch leitfähig verbundenen Kathodenanschluss. Vorteilhafterweise haben die kathodenschutzstromführenden Leitungen eine Nennspannung von 48V; die ebenfalls in der Hybridleitung untergebrachten Signalleitungen können ein Bussystem oder einen Feldbus bereitstellen, sodass auch alle Potentialdifferenzsteuereinrichtungen über den selben Bus und dieselben Leitungen kommunizieren können.

[0024] Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Korrosionsschutzeinrichtung kann vorgesehen sein, dass mehrere Potentialdifferenzsteuereinrichtungen der Anoden elektrisch in Reihe verschaltet sind. Die Reihenschaltung ist besonders vorteilhaft mit der Hybridleitung. Denn das Bussystem, das mit den in der Hybridleitung eingebrachten Signalleitungen bereitgestellt wird, kann an jeder Potentialdifferenzsteuereinrichtung aufgewertet werden, sodass eine physikalische Buslängenbegrenzung der meisten Bussysteme umgangen werden kann. Ein CAN-Bussystem beispielsweise darf eine physikalische Buslänge von typischerweise 1000m nicht überschreiten, was mit der Hybridleitung und den in Reihe verschalteten Potentialdifferenzsteuereinrichtungen nunmehr nur zwischen zwei Benachbarten Potentialdifferenzsteuereinrichtungen beachtet werden muss.

[0025] Eine noch bessere Verteilung und Kommunikation zwischen den Potentialdifferenzsteuereinrichtungen kann gemäß einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Korrosionsschutzeinrichtung erreicht werden, wenn vorgesehen ist, dass die Korrosionsschutzeinrichtung mindestens eine Anknüpfungseinrichtung aufweist, mit der mehrere in Reihe verschaltete Potentialdifferenzsteuereinrichtungen mit einer weiteren Reihenschaltung von Potentialdifferenzsteuereinrichtungen abzweigend verschaltet werden können. Nach dieser Ausgestaltung können mehrere Stränge bzw. in Reihe verschaltete Potentialdifferenzsteuereinrichtungen zu weitreichenden und mehrere Abzweigungen aufweisende Systeme zusammengeschaltet werden. Dabei sorgt die Anknüpfung

fungseinrichtung, die in der Praxis auch als BTU oder BUS-Transfer-Unit bezeichnet werden kann, maßgeblich für eine funktionierende Kopplung der verschiedenen von den in Reihe verschalteten Potentialdifferenzsteuer-einrichtungen benutzten Bussysteme.

[0026] Effektiv steuerbar oder regelbar sind die Anodenströme, wenn gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäße Korrosionsschutzeinrichtung vorgesehen ist, dass die Potentialdifferenzsteuer-einrichtung eine Sensoreinrichtung aufweist, mit der ein Anodenstrom messbar ist, der durch die der Potentialdifferenzsteuereinrichtung zugeordneten Anode fließt. Die Sensoreinrichtung kann hierbei ein Stromsensor sein, der Gleichströme oder pulsierende Gleichströme erfassen kann. Die Erfassung des Anodenstromes ist vorteilhaft, denn dadurch kann die Funktion der Anode zuverlässig und eindeutig überwacht werden. Dadurch kann auf etwaige Referenzelektroden im erfindungsgemäßen Korrosionsschutzsystem verzichtet werden, ohne dass die von der DIN EN ISO 12696:2016 geforderte Redundanz oder Ausfallsicherheit beeinträchtigt wird. Auch kann der Anodenstrom so überwacht und bestimmungsgemäß eingestellt werden.

[0027] Nach einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Korrosionsschutzeinrichtung kann deren Schutzwirkung und Überwachung zusätzlich verbessert werden, wenn die Korrosionsschutzeinrichtung mindestens eine Referenzelektroden-einrichtung aufweist, der eine in dem Beton eingebrachte Referenzelektrode zugeordnet ist, wobei diese von dem mindestens einen Kathodenanschluss bzw. der Bewehrung und den Anoden beabstandet ist. Die Referenzelektroden-einrichtung ist danach ähnlich einer Potentialdifferenzsteuereinrichtung aufgebaut, wobei die Referenzelektroden-einrichtung eine Referenzelektrode aufweist und keine Anodenpotentialdifferenz steuert. Denn die Referenzelektrode erhöht die Redundanz der erfindungsgemäßen Korrosionsschutzeinrichtung noch weiter; sie dient als Referenz für die benachbarten Anodenpotentialdifferenzen und kann neben der Messung des Anodenstromes durch die jeweilige Potentialdifferenzsteuereinrichtung dazu dienen, defekte Anoden und Auffälligkeiten im Allgemeinen zu erfassen.

[0028] Eine intelligente Steuerung und Regelung der erfindungsgemäßen Korrosionsschutzeinrichtung kann optional dadurch erreicht werden, dass die Korrosionsschutzeinrichtung eine zentrale Steuereinrichtung aufweist, die die einzelnen Anodenpotentialdifferenzen und/oder Anodenströme mittels eines Übertragungskana-
50 ls empfangen kann und den zugeordneten Potentialdifferenzsteuereinrichtungen Sollwerte für die Anodenpotentialdifferenz und/oder den Anodenstrom mittels des Übertragungskana-
51 ls übertragen kann.

[0029] Vorteilhafterweise kann der Übertragungskanal für die empfangen Messsignale der Anodenpotentialdifferenzen und/oder der Anodenströme ebenfalls in der Hybridleitung in Form von Messleitungen oder eines Bussystems untergebracht sein. Alternativ kann der Über-

tragungskanal auch über eine Funkverbindung, beispielsweise über eine Bluetooth- oder eine WLAN-Verbindung, hergestellt werden.

[0030] Nachfolgend wird die erfindungsgemäße Korrosionsschutzeinrichtung exemplarisch anhand schematischer Darstellungen erläutert. Es zeigt:

Figur 1 eine Korrosionsschutzeinrichtung mit zwei über eine Hybridleitung verbundenen Gleichspannungseinheiten,

Figur 2 eine Hybridleitung der Korrosionsschutzeinrichtung in einer Querschnittsdarstellung, und

Figur 3 eine Korrosionsschutzeinrichtung mit mehreren Gleichspannungseinheiten.

[0031] Die Figur 1 zeigt eine Korrosionsschutzeinrichtung 1 mit zwei Gleichspannungseinheiten 2, wobei die zwei Gleichspannungseinheiten 2 über eine Hybridleitung 3 miteinander verbunden sind, und wobei die Hybridleitung 3 beide Gleichspannungseinheiten 2 mit einer Energieversorgungseinrichtung 4 elektrisch versorgt. Die linke Gleichspannungseinheit 2 weist eine Anode 5 und einen Kathodenanschluss 6 auf, wobei der Kathodenanschluss 6 mit einer elektrisch leitfähigen Bewehrung 7 elektrisch leitend verbunden ist. Der Kathodenanschluss 6 ist in einem Beton 8 eingebracht, wobei der Beton 8 zwischen der Anode 5 und der mit dem Kathodenanschluss 6 verbundenen Bewehrung 7 wie ein Elektrolyt wirkt. Die rechte Gleichspannungseinheit 2 weist demgemäß nur eine Anode 5 auf und teilt sich den Kathodenanschluss 6 mit der linken Gleichspannungseinheit 2. An Stelle einer Gleichspannungseinheit 2 kann auch ganz allgemein ein regelbarer Spannungs- oder Stromgeber verwendet werden, der so eingestellt werden kann, dass eine vorgegebene Spannung zwischen der Anode 5 und dem Kathodenanschluss 6 vorgegeben wird, oder dass ein vorgegebener Stromfluss zwischen der Anode 5 und dem Kathodenanschluss 6 erzeugt und aufrecht erhalten wird.

[0032] Legen die Gleichspannungseinheiten 2 nun eine Anodenpotentialdifferenz in Form einer Gleichspannung an die Anode 5 an, lädt sich die elektrisch leitfähige Bewehrung und deren Umgebung im Beton 8 negativ auf. Die in die Bewehrung 7 eingebrachten Elektronen polarisieren diese in eine kathodische bzw. in eine negative Richtung. Durch diese kathodische Polarisation werden die Potentialdifferenzen zwischen korrodierenden und nicht korrodierenden Abschnitten der Bewehrung 7 minimiert und somit die Korrosionsgeschwindigkeit auf ein für die Lebensdauer des aus Beton 8 bestehenden Betonbauteils und des Bauwerkes technisch vernachlässigbares Maß reduziert.

[0033] Erfindungsgemäß steht jeder Gleichspannungseinheit 2 die volle Anodenpotentialdifferenz zur Verfügung, sodass jede Gleichspannungseinheit 2 nur einen Spannungsabfall 9 zu seiner Anode 5 und dem

Kathodenanschluss 6 kompensieren muss, ein Spannungsabfall auf der zuleitenden Hybridleitung 3 entfällt. Die Gleichspannungseinheiten 2 können beispielsweise mit einer Gleichspannung von 48V betrieben werden, wobei höhere und niedrigere Betriebsspannungen nicht ausgeschlossen sind.

[0034] In Figur 2 ist die Hybridleitung 3 in einer Querschnittsdarstellung entlang der Blickebene I aus der Figur 1 gezeigt, wobei die Hybridleitung 3 drei Versorgungsleitungen 10 zur elektrischen Versorgung der Gleichspannungseinheit 2 mit 48V Gleichspannung umfasst, die im Querschnitt dominieren. Gezeigt ist weiter, dass die Versorgungsleitungen 10 aus zwei negativen Strom-/Spannungsführungsadern 10a und einer positiven Strom-/Spannungsführungsader 10b mit 48V Gleichspannung besteht. Die Gleichspannungseinheit 2 muss normgemäß nur eine maximale Spannung von bis zu 10V bereitstellen können, sodass der Spannungsabfall 9 entlang der Hybridleitung 3 bei einer Festlegung der Nennspannung der Versorgungsleitungen 11 in der Hybridleitung 3 bis zu 38V betragen darf, was vorteilhafterweise alle Einsatzbedingungen einer erfindungsgemäßen Korrosionsschutzeinrichtung 1 abdeckt. Je nach konstruktiver Stromdichteverteilung kann auch nur eine negative Strom-/Spannungsführungsader 10a ausreichend sein.

[0035] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der Figur 2 weist die Hybridleitung 3 abweichend zum bekannten Stand der Technik zusätzlich noch eine Bewehrungsgrundpotentialleitung 10c für ein Grundpotential der Bewehrung 7 auf. Mit der Bewehrungsgrundpotentialleitung 10c verfügt jede Gleichspannungseinheit 2 über dasselbe Bezugspotential, sodass die Korrosionsschutzeinrichtung 1 die Potentialdifferenzen aller Gleichspannungseinheiten 2 ausreichend genau und normgerecht einstellen bzw. vorgeben kann.

[0036] Weiter weist die Hybridleitung 3 noch zwei Kommunikationsleitungen 11 für ein Bussystem auf - eine Busleitung 11a stellt dabei das Bus-High-Signal und die andere Busleistung 11b das Bus-Low-Signal. Das Bussystem kann dabei für eine Datenübertragung von und zu den Gleichspannungseinheiten 2 und zur Ansteuerung dieser genutzt werden. Die notwendige Spannungsversorgung für das Bussystem kann dabei praktischerweise aus den Versorgungsleitungen 10 abgegriffen werden.

[0037] Die Kommunikationsleitungen 11 können beispielsweise mit einem CAN-Bussystem beaufschlagt werden, um auch zeitkritische Signale unter den Busteilnehmern verteilen zu können. Die Ausgestaltung als Hybridleitung ist vorteilhaft unter anderem für die Verlegung, da alle benötigten Leitungen in einem Kabel gebündelt sind.

[0038] Durch einen linearen und in einer Reihenschaltung verschalteten Aufbau der Gleichspannungseinheiten 2 entlang der Kommunikationsleitungen 11 wird zwischen jeder Gleichspannungseinheit 2 ein vollständig neues Bussystem über die Kommunikationsleitungen 11

initiiert. Das ist unter anderem vorteilhaft, da von einer zentralen Stelle oder Einrichtung aus automatisch die Reihenfolge und Anordnung der angeschlossenen Gleichspannungseinheiten 2 erkennbar ist und eine Zeitverzögerung der ausgegebenen Befehle und aufzeichnenden Signale durch die räumliche Verteilung der Gleichspannungseinheiten 2 berechenbar und/oder messbar ist, wobei die Latenzzeiten der verteilten Gleichspannungseinheiten 2 voraussagbar und bestimmbar sind. Danach kann eine Software diese Zeitverzögerung rechentechnisch kompensieren, wodurch alle Gleichspannungseinheiten 2 zeitgleich in Bezug auf die zentrale Stelle oder Einrichtung abgefragt und angesteuert werden können. Damit kann ein Nachweis der normgerechten Funktion eines durch die erfindungsgemäße Korrosionsschutzeinrichtung 1 bewirkten Korrosionsschutzes des aus Beton 8 bestehenden Betonbauteils erbracht werden.

[0039] In Figur 3 ist eine Korrosionsschutzeinrichtung 1 mit mehreren Gleichspannungseinheiten 2 gezeigt. Alle werden von der Hybridleitung 3 gleichermaßen aus einer Energieversorgungseinrichtung 4 und einem dazwischengeschalteten Gleichrichter versorgt. Der Gleichrichter transformiert beispielsweise eine übliche Wechselspannung von 230V in eine Gleichspannung mit 48V. Mit dieser Gleichspannung von 48V können die regelbaren Gleichspannungseinheiten 2 über die Hybridleitung 3 versorgt werden. Da die maximale Ausgabe der Gleichspannungseinheiten 2 10V sind, kann der Spannungsabfall auf der Hybridleitung 3 bis zu 38V betragen, bis die Spannungsversorgung der Hybridleitung 3 nicht mehr ausreicht, um die Gleichspannungseinheiten 2 mit 10V zu versorgen. Zwischen der Energieversorgungseinrichtung 4 und der ersten Gleichspannungseinheit 2 ist weiterhin eine Bus-Isolation-Unit (BIU) 13 zwischengeschaltet. Sie bildet den Beginn der Hybridleitung 3 und der Verkabelungstopologie, wobei an die Bus-Isolation-Unit 13 auch ein Computer (CCU: Central-Control-Unit) 14 als zentrale Stelle oder Einrichtung angeschlossen ist, der die Regelung und Steuerung der Gleichspannungseinheiten 2 überwacht, steuert und koordiniert.

[0040] Jede Gleichspannungseinheit 2 weist mindestens eine Anode 5 auf, an der eine Anodenpotentialdifferenz anliegen kann. Einige Gleichspannungseinheiten 2 weisen zusätzlich zur Anode 5 einen Kathodenanschluss 6 auf, der jeweils mit einer metallischen Bewehrung 7 verbunden ist, sodass die metallische Bewehrung 7 auf einem negativen Potential liegt und die metallische Bewehrung 7 erfindungsgemäß vor Korrosion geschützt wird. Beabstandet zu den Gleichspannungseinheiten 2 weist die Korrosionsschutzeinrichtung 1 eine Referenzelektrodeneinrichtung (Ref) 15 mit einer Referenzelektrode 16 auf. Werden die Gleichspannungseinheiten 2 ausgeschaltet, kann die Referenzelektrodeneinrichtung 15 mit ihrer Referenzelektrode 16 das Potential der metallischen Bewehrung 7 erfassen und messen, wobei die Bewehrung 7 normgemäß mit der erfindungsgemäßen Korrosionsschutzeinrichtung 1 ausreichend geschützt

ist. Hierfür stehen normgemäß verschiedene Nachweise zur Verfügung; beispielsweise eine 100mV (exkl. IR-Drop) Depolarisation der Bewehrung 7 innerhalb von einer 24h-Ausschaltung der Gleichspannungseinheiten 2, eine 150mV (exkl. IR-Drop) Depolarisation der Bewehrung 7 nach mehr als einer 24h-Ausschaltung der Gleichspannungseinheiten 2 bei einem sauerstoffarmen Elektrolyten oder eine Messung eines negativeren Ausschaltpotentials der Bewehrung 7 von mehr als -720mV gemessen gegenüber einer Ag/AgCl-0,5M-Bezugselektrode.

[0041] Die Korrosionsschutteinrichtung 1 weist außerdem eine Bus-Transfer-Unit (BTU) 17 auf, mit der eine Abzweigung der Hybridleitung 3 hergestellt werden kann, um mehr Gleichspannungseinheiten 2 an eine Hybridleitung 3 anschließen zu können. Mit der Bus-Transfer-Unit 17 lassen sich die Gleichspannungseinheiten 2 komplexer und weitläufiger verschalten, wobei die Bus-Transfer-Unit 17 auch die Kommunikationsleitungen (11, 12) mitschleift.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0042]

1. Korrosionsschutteinrichtung
2. Gleichspannungseinheit
3. Hybridleitung
4. Energieversorgungseinrichtung
5. Anode
6. Kathodenanschluss
7. Bewehrung
8. Beton
9. Spannungsabfall
10. Versorgungsleitungen
- 10a. Negative Strom-/Spannungsführungsader
- 10b. Positive Strom-/Spannungsführungsader
- 10c. Bewehrungsgrundpotentialleitung
11. Kommunikationsleitungen
- 11a. Bus-High-Signalleitung
- 11b. Bus-Low-Signalleitung
12. Sensorleitungen
13. Bus-Isolation-Unit
14. Computer
15. Referenzeinrichtung
16. Referenzelektrode
17. Bus-Transfer-Unit

Patentansprüche

1. Korrosionsschutteinrichtung (1) zum Schutz vor Korrosion einer elektrisch leitfähigen und in einem Betonbauteil in Beton (8) eingebetteten Bewehrung (7) mit einem Betonbauteil, mit einer in dem Beton (8) des Betonbauteils eingebetteten Bewehrung (7), mit mindestens einem Kathodenanschluss (6) und mit mehreren Anoden (5), zwischen denen mit einer

Energieversorgungseinrichtung (4) eine Potentialdifferenz vorgegeben werden kann, wobei der mindestens eine Kathodenanschluss (6) mit der Bewehrung (7) elektrisch leitend verbunden ist und die Anoden (5) beabstandet zu dem mindestens einen Kathodenanschluss (6) und der Bewehrung (7) verteilt in dem Beton (8) oder auf einer Oberfläche des Betonbauteils festgelegt sind, sodass durch die vorgegebene Potentialdifferenz ein Kathodenschutzstrom von den Anoden (5) durch die Bewehrung (7) zu dem Kathodenanschluss (6) erzeugt wird, um eine unerwünschte Oxidation und dadurch verursachte Korrosion der Bewehrung (7) zu reduzieren, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrosionsschutteinrichtung (1) eine gleichgroße Anzahl von Potentialdifferenzsteuereinrichtungen (2) und Anoden (5) aufweist, sodass jede Anode (5) jeweils einer Potentialdifferenzsteuereinrichtung (2) zugeordnet ist, und wobei jede Potentialdifferenzsteuereinrichtung (2) eine zwischen der ihr zugeordneten Anode (5) und dem mindestens einen Kathodenanschluss (6) anliegende Anodenpotentialdifferenz unabhängig von jeder anderen Anodenpotentialdifferenz einer der restlichen Anoden (5) zu dem mindestens einen Kathodenanschluss (6) steuern kann, sodass eine Schutzstromverteilung des Kathodenschutzstromes verteilt auf die von dem mindestens einen Kathodenanschluss (6) und der Bewehrung (7) beabstandeten Anoden (5) durch deren Potentialdifferenzsteuereinrichtungen (2) eingestellt werden kann.

2. Korrosionsschutteinrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Potentialdifferenzsteuereinrichtungen (2) untereinander mit einer Hybridleitung (3) verbunden sind, wobei mindestens eine Potentialdifferenzsteuereinrichtung (2) mit der Energieversorgungseinrichtung (4) mittels der Hybridleitung (3) in Verbindung bringbar ist, und wobei die Hybridleitung (3) elektrische Energie, Messwerte, Informationssignale und/oder andere Potentiale bzw. Bezugspotentiale übertragen kann.

3. Korrosionsschutteinrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Potentialdifferenzsteuereinrichtungen (2) der Anoden (5) elektrisch in Reihe verschaltet sind.

4. Korrosionsschutteinrichtung (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrosionsschutteinrichtung (1) mindestens eine Anknüpfungseinrichtung (17) aufweist, mit der mehrere in Reihe verschaltete Potentialdifferenzsteuereinrichtungen (2) mit einer weiteren Reihenschaltung von Potentialdifferenzsteuereinrichtungen (2) abzweigend verschaltet werden können.

5. Korrosionsschutteinrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Potentialdifferenzsteuereinrichtung (2) eine Sensoreinrichtung aufweist, mit der ein Anodenstrom messbar ist, der durch die der Potentialdifferenzsteuereinrichtung (2) zugeordneten Anode (5) fließt.

5

6. Korrosionsschutzeinrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrosionsschutzeinrichtung (1) mindestens eine Referenzelektrodeneinrichtung (15) aufweist, der eine in dem Beton (8) eingebrachte Referenzelektrode (16) zugeordnet ist, wobei diese von dem mindestens einen Kathodenanschluss (6) bzw. der Bewehrung (7) und den Anoden (5) beabstandet ist.

10

15

7. Korrosionsschutzeinrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrosionsschutzeinrichtung (1) eine zentrale Steuereinrichtung (14) aufweist, die die einzelnen Anodenpotentialdifferenzen und/oder Anodenströme mittels eines Übertragungskanals empfangen kann und den zugeordneten Potentialdifferenzsteuereinrichtungen (2) Sollwerte für die Anodenpotentialdifferenz und/oder den Anodenstrom mittels des Übertragungskanals übertragen kann.

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

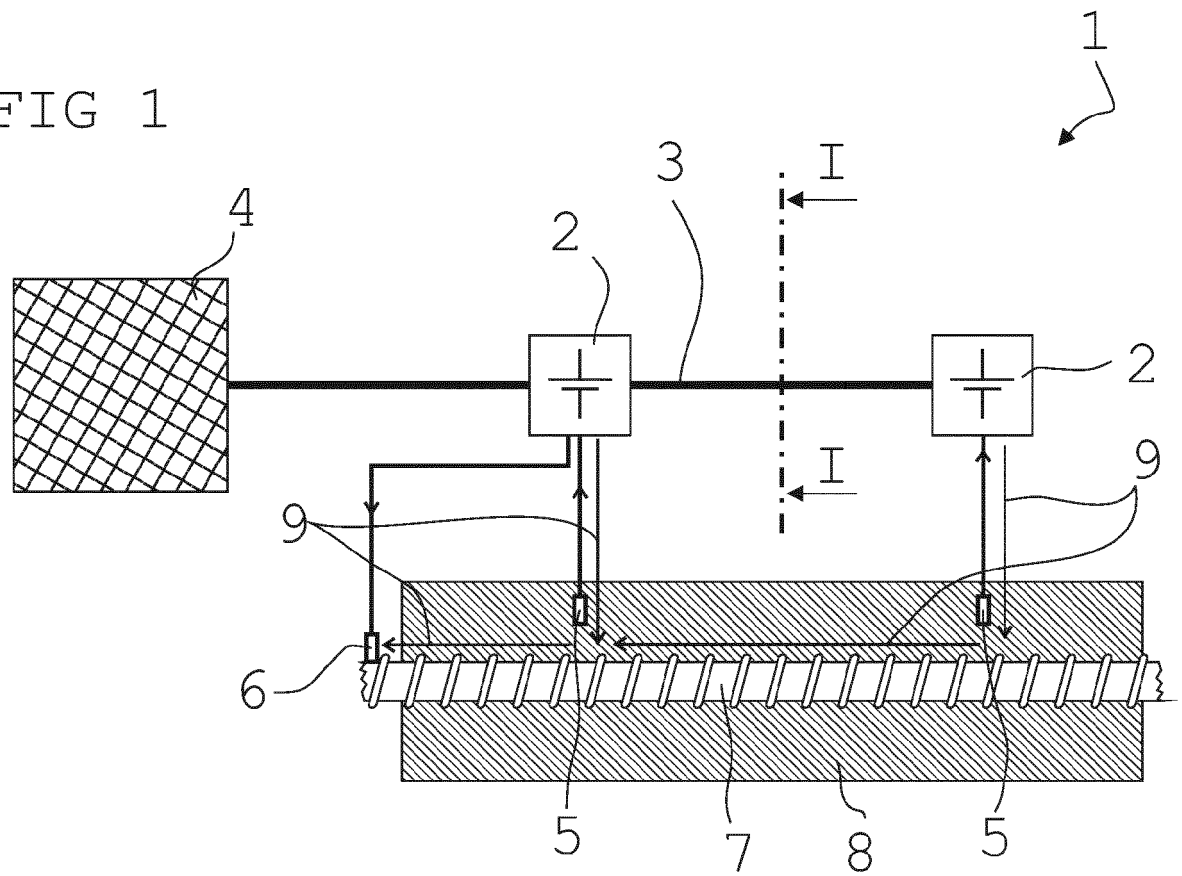


FIG 2

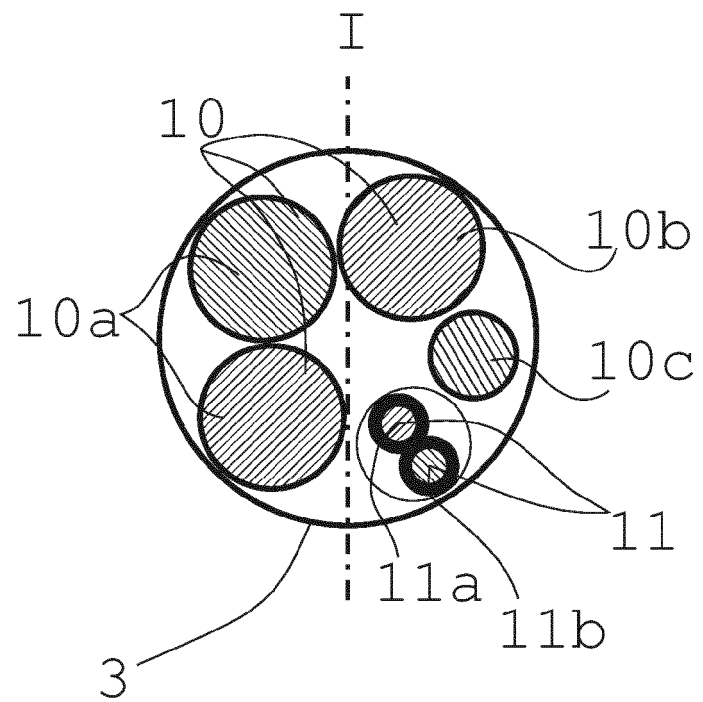
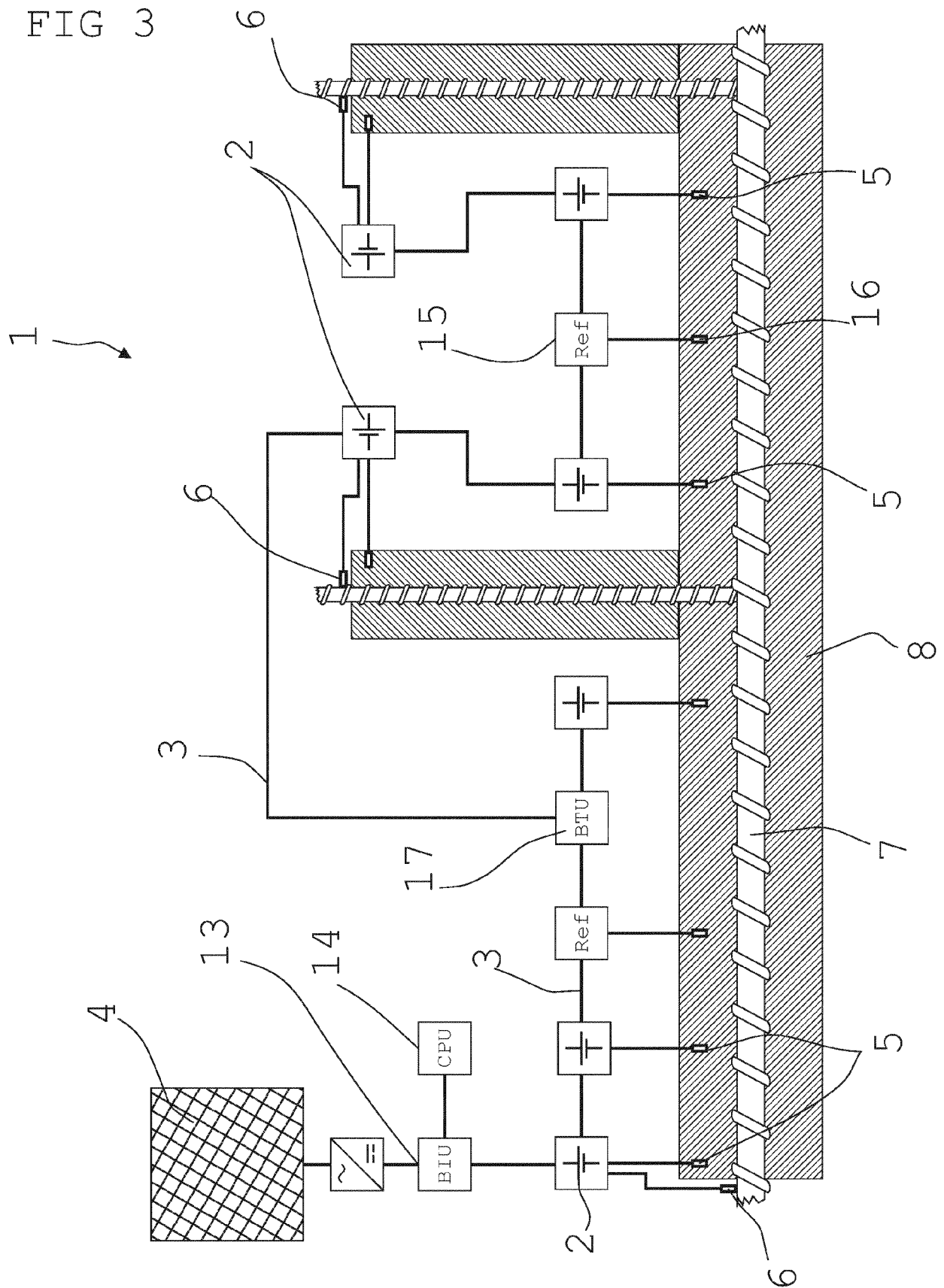


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 20 20 5278

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 5 466 353 A (WESTERMANN SOEREN E [DK] ET AL) 14. November 1995 (1995-11-14) * Spalte 4, Zeile 25 - Spalte 5, Zeile 2; Abbildung 1 * * Spalte 5, Zeilen 25-64; Abbildung 4 * * Ansprüche 1-20 * -----	1-7	INV. C23F13/04 C23F13/06
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C23F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 23. März 2021	Prüfer Desbois, Valérie
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 20 5278

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-03-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 5466353	A	14-11-1995	AT	161296 T	15-01-1998
				AU	656639 B2	09-02-1995
				CA	2122582 A1	10-06-1993
15				DE	69223656 T2	14-05-1998
				DK	192991 A	25-06-1993
				EP	0724654 A1	07-08-1996
				JP	2827171 B2	18-11-1998
				JP	H07502304 A	09-03-1995
20				NO	308750 B1	23-10-2000
				US	5466353 A	14-11-1995
				WO	9311279 A1	10-06-1993

25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102008032629 A1 [0009]