

⑫ **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift:
07.02.90

⑤① Int. Cl. ⁵: **E 04 B 1/70**

②① Anmeldenummer: **86117283.1**

②② Anmeldetag: **11.12.86**

⑤④ **Verfahren zur Entsalzung, Trockenlegung und Trockenhaltung von Mauerwerk.**

③⑩ Priorität: **30.12.85 DD 285727**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.07.87 Patentblatt 87/28

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.02.90 Patentblatt 90/06

⑥④ Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB GR IT LI NL SE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE-A-3 430 449
DE-A-3 430 450
US-A-3 856 646

BAUPHYSIK, Band 7, Nr. 4, August 1985, Seiten 105-109, Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, DE; P. FRIESE: "Elektrochemische Entsalzung von Mauerwerk, Teil II"

⑦③ Patentinhaber: **Bauakademie der Deutschen Demokratischen Republik**
Plauener Strasse 163/165
DDR-1125 Berlin (DD)

⑦② Erfinder: **Hübler, Manfred, Dr. Ing.**
Schönowener Chaussee 1
DDR-1280 Bernau (DD)
Erfinder: **Friese, Peter, Dr. rer. nat.**
Grotewitzstrasse 47
DDR-1183 Berlin (DD)
Erfinder: **Krüger, Klaus, Dipl.-Jur.**
Falkenberger Strasse 172c
DDR-1120 Berlin (DD)

⑦④ Vertreter: **Puchberger, Rolf, Dipl. Ing.**
Patentanwälte, Dipl. Ing. Georg Puchberger Dipl. Ing.
Rolf Puchberger Dipl. Ing. Peter Puchberger
Singerstrasse 13 Postfach 55
A-1010 Wien (AT)

EP 0 228 001 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entsalzung, Trockenlegung und Trockenhaltung von Mauerwerk. Dies ist oft eine notwendige Voraussetzung zur vollständigen Sanierung von Altbauten, in denen aus dem Boden Wasser aufsteigt, das lösliche Salze ins Mauerwerk transportiert und in der Verdunstungszone anreichert.

Es ist oft versucht worden, feuchtes Mauerwerk mit elektroosmotischem Verfahren und Vorrichtungen zu trocknen. Das erfolgte mit wechselndem Erfolg, so daß die Anwendung dieser Verfahren und Vorrichtungen in der Fachliteratur bis heute umstritten ist. Eine Ursache hierfür wird darin gesehen, daß nach Anwendung elektroosmotischer Verfahren und Vorrichtungen die bauschädlichen und teilweise stark hygroskopischen Salze im Mauerwerk verbleiben. Diese bewirken eine hygroskopische Restfeuchte, die bei hohen Salzkonzentrationen bis 8 % betragen kann, und begünstigt das erneute Aufsteigen des Wassers im Mauerwerk. In der DD-PS 200 398 wird, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, vorgeschlagen, die aktive elektroosmotische Trocknung mit einer vorhergehenden Entsalzung des Mauerwerks zu verbinden. Diese Erfindung hat jedoch den Nachteil, daß korrosionsfeste Elektroden aus Graphit oder platinierter Titan eingesetzt werden. Um deren Wiederverwendung zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, diese teuren Elektroden nach der Entsalzung durch billigere zu ersetzen, doch hat sich gezeigt, daß die Elektroden auch nach der Entsalzung einer starken Korrosion unterliegen. Bei Elektroden aus Eisen vergrößert sich ihr Volumen infolge der anodischen Oxidation um ein Vielfaches, wodurch die Elektroden aus dem Mauerwerk gedrückt und die elektrokinetische Dauersperre unterbrochen werden kann. Ein Nachteil, den alle bekannten elektroosmotischen Verfahren zur Entsalzung von Mauerwerk aufweisen, besteht darin, daß sie nicht an die Salzkonzentrationen unterschiedlicher Zusammensetzung und an den unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalt im Mauerwerk angepaßt sind. Bei den in DE-A-3 430 449, DE-A-3 430 350 und in Bauphysik, Heft 4/ 1985, Seiten 105 ff, veröffentlichten Verfahren und Elektrodenanordnungen zur elektrochemischen Entsalzung und Trockenlegung von Mauerwerk werden Elektroden aus Eisen mit den o.g. Nachteilen eingesetzt, die mit einem Mörtel mit dem Mauerwerk verbunden werden, der einen hohen Anteil an Calciumhydroxid und Calciumkarbonat aufweist. Durch sie lassen sich nur anodisch gebildete Chloridhydrate aus dem Mauerwerk austragen. Die im Mauerwerk auch anzutreffenden löslichen Sulfate werden nicht ausreichend berücksichtigt. Diese Sulfationen werden wie die Chloridionen an der Anode angereichert und können in größeren Mengen den Entsalzungsprozeß stören. Eine Anpassung an den Feuchtigkeitsgehalt im Mauerwerk ist erwünscht, um zu verhindern, daß das Mauerwerk vor Beendigung des Entsalzungsprozesses austrocknet und den

Entsalzungsprozeß unterbricht.

Ziel der Erfindung ist ein Verfahren, mit dem ein Mauerwerk, in dem Wasser aufsteigt, auf einfache Weise entsalzt und trockengelegt und dauerhaft trockengehalten werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu finden, mit dem ein nässegeschädigtes Mauerwerk mit beliebigem Feuchtigkeits- und Salzgehalt erst entsalzt, dann trockengelegt und anschließend trockengehalten wird, ohne daß die Elektroden ausgewechselt werden müssen und ohne daß dieser Prozeß durch vorzeitige Austrocknung oder durch die sich an der Elektrode abgelagerten Salze und Eisenoxide unterbrochen wird. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst, gemäß dem Kennzeichen des Anspruchs 1.

Die Erfindung geht unter anderem von der Erkenntnis aus, daß die Richtung der Wasserströmung im Mauerwerk ausschließlich durch das Vorzeichen des Zeta-Potentiales bestimmt wird. Dieses resultiert aus der Ausbildung einer Doppelschicht elektrisch geladener Ionen an der Phasengrenze Festkörper zur Flüssigkeit. Die Ladungsträger in unmittelbarer Nähe des Festkörpers werden durch Ionen kompensiert, die sich in einer starren und in einer diffusen Doppelschicht befinden. Das an der Grenze zwischen starrer und diffuser Doppelschicht gemessene Potential wird Zeta-Potential genannt. Sein Vorzeichen und seine Größe sind einerseits von der Struktur und der chemischen Zusammensetzung des Festkörpers, also des Mauerwerks, abhängig und andererseits von den Eigenschaften der angrenzenden Flüssigkeit. Bei einem negativen Zeta-Potential bewegt sich die Flüssigkeit in Richtung Kathode, ein positives Zeta-Potential bewirkt eine Flüssigkeitsbewegung in Richtung Anode. Im Ziegelmauerwerk kommen mit großer Sicherheit negative Zeta-Potentiale vor. Die im oder am Mauerwerk angeordneten Elektroden werden in diesem Falle als Anode geschaltet, die Erdelektroden als Kathoden.

Bei einem geringen Feuchtigkeitsgehalt von weniger als 8 % im Mauerwerk besteht die Gefahr, daß das Mauerwerk an der Anode vor Abschluß der Entsalzung austrocknet. Aus diesem Grunde werden dem Mörtel erfindungsgemäß Zusätze beigemischt, die das Zeta-Potential klein halten und ein vorzeitiges elektrokinetisches Abströmen des Wassers aus dem Anodenraum verhindern. Diese Zusätze können Calcium- oder Bariumsalze sein. Dieser Effekt kann erfindungsgemäß durch Beimischung kationenaktiver Tenside, wie Cetyltrimethylammoniumbromid, noch verstärkt werden, denn durch sie wird das Vorzeichen des Zeta-Potentials umgekehrt und dies verursacht eine schwache Wasserströmung in Richtung Anode, wodurch die Entsalzung gefördert wird.

Bei einem hohen Chloridgehalt des Mauerwerks wird dem Mörtel erfindungsgemäß Graphidpulver beigemischt, in dessen Anwesenheit Chloridionen zu elementarem Chlor entladen werden. Enthält das feuchte Mauerwerk einen

hohen Anteil Sulfate, so wird dem Mörtel erfindungsgemäß, ein hoher Anteil von Bariumkarbonat oder Barytocalcid beigegeben, die die Sulfationen als schwerlösliches Bariumsulfat binden. Die über die Mörtelbrücken mit dem Mauerwerk verbundenen Elektroden werden untereinander elektrisch leitend verbunden, und gegen ein System von Erderstäben wird unter Beachtung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes eine möglichst hohe Gleichspannung angelegt. Diese wird so lange aufrechterhalten, bis die Stromstärke auf einen konstanten Grenzwert abgesunken ist und damit anzeigt, daß die Entsalzung abgeschlossen ist. Anschließend werden die sich in den Anodenräumen angesammelten Salze und Eisenoxide mechanisch und durch Ausspülen mit Wasser entfernt, sodann werden die Anodenräume mit einer Lösung aus Bariumhydroxid neutralisiert. Erforderlichenfalls worden dabei beschädigte Mörtelbrücken erneuert. Anschließend wird wieder eine Gleichspannung angelegt, so daß die Elektroden nun als elektrokinetische Dauersperre gegen aufsteigende Feuchtigkeit wirken.

Die Erfindung soll nachstehend an einigen Ausführungsbeispielen erläutert werden: Es soll ein Gebäude gegen aufsteigende Feuchtigkeit saniert werden, dessen Mauerwerk weniger als 8 % Wasser, 1×10^{-4} Mol/g Chlorid und wenig Sulfat enthält. In der Verdunstungszone werden in das Mauerwerk zur Aufnahme der zylindrischen Elektroden in Abständen von etwa 40 cm Aussparungen eingebracht, deren Volumen etwa 5 mal größer ist als das der Elektroden aus Eisen. Die Elektroden werden in den Aussparungen durch zwei Mörtelbrücken folgender Zusammensetzungen in Masseprozent abgestützt:

0,5 % Calciumchlorid
40 % Graphitpulver

der Rest ist zur Hälfte Calciumcarbonat und Calciumhydroxid. Unter den Elektroden sind zwischen den Mörtelbrücken flüssigkeitsundurchlässige Rinnen angeordnet, welche die abtropfenden Salzlösungen nach außen abführen. Nach der Entsalzung, die durch ein Absinken der Stromstärke auf einen konstanten Wert angezeigt wird, werden nach Abklemmung der Spannungsquelle die sich im Anodenraum angesammelten Salze und Eisenoxide entfernt, und dann wird der Anodenraum mit einer Lösung aus Bariumhydroxid neutralisiert. Danach wird wieder eine Gleichspannung angelegt, um durch eine elektrokinetische Dauersperre ein Wiederansteigen des Wassers zu verhindern.

Enthält das Mauerwerk 5 bis 8 % Wasser, 5×10^{-5} Mol/g Chlorid und 5×10^{-5} Mol/g lösliche Sulfate, so wird folgende Mörtelzusammensetzung in Masseprozent gewählt:

1 % Cetyltrimethylammoniumbromid
20 % Graphitpulver

der Rest je zur Hälfte Bariumkarbonat und Weißkalk.

Bei einem Mauerwerk mit 15 % Wasser, 4×10^{-6} Mol/g Chlorid und 1×10^{-4} Mol/g lösliches Sulfat wird Mörtel aus

5 10 % Weißkalk und
90 % Bariumkarbonat

zusammengesetzt.

10 Bei diesen Ausführungsbeispielen wurde zur Entsalzung eine Gleichspannung von 50 V und zur Errichtung der elektrokinetischen Dauersperre eine Gleichspannung von 10 V angelegt.

15 Patentansprüche

1. Verfahren zur Entsalzung, Trockenlegung und Trockenhaltung von Mauerwerk unter Verwendung von im oder am Mauerwerk angeordneten Elektroden aus Eisen, die über Mörtelbrücken mit dem Mauerwerk verbunden sind und an die eine Gleichspannung angelegt ist, dadurch gekennzeichnet, daß dem Mörtel in Abhängigkeit von dem gemessenen Feuchtigkeits- und Salzgehalt des Mauerwerkes Bariumsalze, kationenaktive Tenside und/oder Graphitpulver beigegeben werden, daß nach der Entsalzung die sich in dem Raum zwischen Mauerwerk und Elektroden abgelagerten, löslichen Salze und Eisenoxide mechanisch und durch Wasserspülung entfernt werden und daß dieser Raum, bevor eine für die Errichtung einer elektrokinetischen Dauersperre ausreichende Gleichspannung angelegt wird, mit einer Lösung aus Bariumhydroxid neutralisiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Feuchtigkeitsgehalt von weniger als 8 % im Mauerwerk dem Mörtel bis zu 1 Masse-% Barium- und Calciumsalze beigegeben werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Feuchtigkeitsgehalt von weniger als 5 % im Mauerwerk dem Mörtel bis zu 1 Masse-% eines kationenaktiven Tensides, wie Cetyltrimethylammoniumbromid, beigegeben werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Chloridgehalt von ca. 5×10^{-5} Mol/g im Mauerwerk dem Mörtel bis zu 80 Masse-% Graphitpulver beigegeben werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem hohen Sulfatgehalt von ca. 5×10^{-5} Mol/g im Mauerwerk dem Mörtel bis zu 40 Masse-% Bariumkarbonat oder Barytocalcid beigegeben werden.

60

Claims

65 1. Method for desalting, drying and keeping dry brickwork using iron electrodes positioned in or

on the brickwork and connected by means of mortar bridges with the brickwork and subjected to a direct voltage, characterised by the fact that to the mortar is added, in accordance with the measured moisture and salt content of the brickwork, barium salts, cation-active surfactants and/or graphite powder, after the desalting the soluble salts and iron oxides deposited in the space between the brickwork and the electrodes are removed mechanically by rinsing with water and that the space is neutralised with a solution of barium hydroxide before the application of a direct voltage sufficient for the creation of a permanent electrokinetic barrier.

2. Method in accordance with claim 1, characterised by the fact that in the case of a moisture content of less than 8 % in the brickwork up to 1 % by mass of barium salts and calcium salts are added to the mortar.

3. Method in accordance with claim 1, characterised by the fact that in the case of a moisture content of less than 5 % in the brickwork up to 1 % by mass of a cationactive surfactant, such as cetyl trimethyl ammonium bromide, is added to the mortar.

4. Method in accordance with claim 1, characterised by the fact that in the case of a chloride content of about 5×10^{-5} Mol/g in the brickwork up to 80 % by mass of graphite powder is added to the mortar.

5. Method in accordance with claim 1, characterised by the fact that in the case of a high sulphate content of about 5×10^{-5} Mol/g in the brickwork up to 40 % by mass of barium carbonate or baryta calcide is added to the mortar.

Revendications

1. Procédé pour l'élimination des sels, l'assèchement et le maintien à sec de la maçonnerie par emploi d'électrodes en fer placées dans ou sur la maçonnerie qui sont reliées à la maçonnerie par l'intermédiaire de ponts de mortier et auxquelles est appliquée une tension continue, caractérisé en ce que, en fonction de la teneur en humidité et en sels mesurée de la maçonnerie, le mortier est additionné de sels de baryum, d'agents de surface cationiques et/ou de poudre de graphite, qu'après l'élimination des sels, les sels solubles et les oxydes de fer déposés dans l'espace entre la maçonnerie et les électrodes sont éliminés mécaniquement et par rinçage à l'eau et qu'avant l'application d'une tension continue suffisante pour l'établissement d'une barrière électrocinétique permanente, cet espace est neutralisé avec une solution d'hydroxyde de baryum.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à, une teneur en humidité de la maçonnerie de moins de 8 %, il est incorporé au mortier

jusqu'à 1 % massique de sels de baryum et de calcium.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à une teneur en humidité de la maçonnerie de moins de 5 %, il est incorporé au mortier jusqu'à 1 % massique d'un agent de surface cationique tel que le bromure de cétyltriméthylammonium.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à une teneur en chlorures de la maçonnerie d'environ 5×10^{-5} moles/g, il est incorporé au mortier jusqu'à 80 % massique de poudre de graphite.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à une teneur élevée en sulfates de la maçonnerie d'environ 5×10^{-5} moles/g, il est incorporé au mortier jusqu'à 40 % massique de carbonate de baryum ou de barytocalcite.