

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **86117283.1**

51 Int. Cl.⁴: **E 04 B 1/70**

22 Anmeldetag: **11.12.86**

30 Priorität: **30.12.85 DD 285727**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: **08.07.87**
Patentblatt 87/28

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

71 Anmelder: **Bauakademie der Deutschen**
Demokratischen Republik, Plauener Strasse 163/165,
DDR-1125 Berlin (DD)

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

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

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

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entsalzung, Trockenlegung und Trockenhaltung von Mauerwerk unter Verwendung von im oder am Mauerwerk angeordneten Elektroden. Die Elektroden aus Eisen werden mit dem Mauerwerk über eine oder mehrere Mörtelbrücken verbunden, die in Abhängigkeit vom Feuchtigkeits- und Salzgehalt des Mauerwerks zusammengesetzt werden. Zwischen den Elektroden und dem Mauerwerk wird genügend freier Raum gelassen zur Aufnahme der sich in ihm ablagernden löslichen Salze und Eisenoxide. Diese werden nach der Entsalzung mechanisch und mit Wasserspülung entfernt. Der freie Raum zwischen Elektroden und Mauerwerk wird nach der Entsalzung mit einer Lösung aus Bariumhydroxid neutralisiert. Zwischen den Elektroden und einem System von Erderstäben wird während der Entsalzung eine möglichst hohe und nach der Entsalzung eine für die Errichtung einer elektrokinetischen Dauersperrre ausreichende Gleichspannung angelegt.

EP 0 228 001 A2

Verfahren zur Entsalzung, Trockenlegung und Trocken-
haltung von Mauerwerk

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
5 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
10 Anwendung dieser Verfahren und Vorrichtungen in der Fachliteratur bis heute umstritten ist.

Eine Ursache hierfür wird darin gesehen, daß nach Anwendungelektroosmotischer Verfahren und Vorrichtungen die bauschädlichen und teilweise stark hygroskopischen
15 Salze im Mauerwerk verbleiben. Diese bewirken eine hygroskopische Restfeuchte, die bei hohen Salzkonzentrationen bis 8 % betragen kann, und begünstigen das erneute Aufsteigen des Wassers im Mauerwerk. In der DD - PS 200 398 wird vorgeschlagen, die aktive elektroosmotische Trocknung mit einer vorhergehenden Entsalzung
20 des Mauerwerks zu verbinden. Diese Erfindung hat jedoch den Nachteil, daß korrosionsfeste Elektroden aus Graphit oder platinisiertem 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.
- 5
- 10 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. Nach den DE - OS 3430449 und 3430450 lassen sich nur anodischgebildete 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.
- 15
- 20
- 25

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.

- 30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu finden, mit dem ein nässegeschädigtes Mauerwerk

mit beliebigem Feuchtigkeits- und Salzgehalt erst ent-
salzt, dann trockengelegt und anschließend trockengehal-
ten wird, ohne das die Elektroden ausgewechselt werden
5 müssen und ohne daß dieser Prozeß durch vorzeitige Aus-
trocknung oder durch die sich an der Elektrode abgelager-
ten Salze und Eisenoxide unterbrochen wird.
Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß
zwischen die in bekannter Weise im oder am Mauerwerk
10 angeordneten Elektroden, vorzugsweise aus Eisen, und
dem Mauerwerk eine oder mehrere in Abhängigkeit vom ge-
messenen Feuchtigkeits- und Salzgehalt des Mauerwerks zu-
sammengesetzte Mörtelbrücken gebracht werden, die die
Elektroden mit dem Mauerwerk verbinden, aber so, daß
15 zwischen Elektroden und Mauerwerk genügend Platz bleibt,
um die sich an den Elektroden abgelagerten löslichen
Salze und Eisenoxide aufzunehmen.
Die Erfindung geht unter anderem von der Erkenntnis aus,
daß die Richtung der Wasserströmung im Mauerwerk aus-
20 schließlich 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 Ladungs-
träger in unmittelbarer Nähe des Festkörpers werden
25 durch Ionen kompensiert, die sich in einer starren und
in einer diffusen Doppelschicht befinden. Das an der
Grenze zwischen starrer und diffuser Doppelschicht ge-
messene Potential wird Zeta-Potential genannt. Sein
Vorzeichen und seine Größe sind einerseits von der
30 Struktur und der chemischen Zusammensetzung des Fest-
körpers, also des Mauerwerks, abhängig und anderer-
seits von den Eigenschaften der angrenzenden Flüssig-
keit. Bei einem negativen Zeta-Potential bewegt sich
die Flüssigkeit in Richtung Kathode, ein positives
35 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.

5

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.

10

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.

15

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.

20

25

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

30

- 5 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 werden dabei beschädigte Mörtelbrücken
10 erneuert. Anschließend wird wieder eine Gleichspannung angelegt, so daß die Elektroden nun als elektrokinetische Dauersperrre gegen aufsteigende Feuchtigkeit wirken.
- 15 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.
- 20 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
25 abgestützt:
- 0,5 % Calciumchlorid
40 % Graphitpulver
- 30 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,
35

- 5 werden nach Abklemmung der Spannungsquelle die sich
im Anodenraum angesammelten Salze und Eisenoxide ent-
fernt, und dann wird der Anodenraum mit einer Lösung
aus Bariumhydroxid neutralisiert. Danach wird wieder
eine Gleichspannung angelegt, um durch eine elektro-
10 kinetische Dauersperre ein Wiederaansteigen 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:
- 15 1% Cetyltrimethylammoniumbromid
20% Graphitpulver
der Rest je zur Hälfte Bariumkarbonat und
Weißkalk.
- Bei einem Mauerwerk mit 15 % Wasser, 4×10^{-6} Mol/g
20 Chlorid und 1×10^{-4} Mol/g lösliches Sulfat wird Mörtel aus
10% Weißkalk und
90% Bariumkarbonat
zusammengesetzt.
- 25 Bei diesen Ausführungsbeispielen wurde zur Entsalzung
eine Gleichspannung von 50 V und zur Errichtung der
elektrokinetischen Dauersperre eine Gleichspannung von
10 V angelegt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Entsalzung, Trockenlegung und Trockenhaltung von Mauerwerk unter Verwendung von im oder am Mauerwerk angeordneten Elektroden, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden mit dem Mauerwerk über eine oder mehrere Mörtelbrücken verbunden werden, die in Abhängigkeit vom Feuchtigkeits- und Salzgehalt des Mauerwerks zusammengesetzt werden, daß zwischen den Elektroden und dem Mauerwerk genügend freier Raum gelassen wird zur Aufnahme der sich in ihm abgelagerten löslichen Salze und Eisenoxide, daß diese Salze und Eisenoxide nach der Entsalzung mechanisch und durch Wasserspülung entfernt werden, daß der freie Raum zwischen Elektroden und Mauerwerk nach der Entsalzung mit einer Lösung aus Bariumhydroxid neutralisiert wird und daß zwischen den Elektroden und einem System von Erderstäben während der Entsalzung eine möglichst hohe und nach der Entsalzung eine für die Errichtung einer elektrokinetischen Dauersperre ausreichende Gleichspannung angelegt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Feuchtigkeitsgehalt von weniger als 8 % im Mauerwerk dem Mörtel bis zu 1 Masseprozent Zusätze von löslichen Calcium- und Bariumsalzen beigemischt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Feuchtigkeitsgehalt von weniger als 5 % im Mauerwerk dem Mörtel bis zu 1 Masseprozent eines kationenaktiven Tensides, wie Cetyltrimethylammoniumbromid, beigemischt werden.

- 8 -

- 5 4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
bei einem hohen Chloridgehalt von 5×10^{-5} Mol/g im
Mauerwerk dem Mörtel bis zu 80 Masseprozent Graphit-
pulver beigemischt werden.
- 10 5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
bei einem hohen Sulfatgehalt von 5×10^{-5} Mol/g im
Mauerwerk dem Mörtel bis zu 40 Masseprozent Bariumkar-
bonat oder Barytocalcid beigemischt werden.