



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer:

0 111 306  
A2

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 83112312.0

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: E 04 B 1/70  
E 04 B 1/64

22 Anmeldetag: 07.12.83

30 Priorität: 09.12.82 PL 239422

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
20.06.84 Patentblatt 84/25

84 Benannte Vertragsstaaten:  
AT DE FR IT SE

71 Anmelder: Politechnika Warszawska  
Plac Jedności Robotniczej 1  
Warschau(PL)

72 Erfinder: Olifierowicz, Jerzy Jozef  
ul. Cietrzewia 21  
Warszawa(PL)

72 Erfinder: Tomborowski, Tadeusz Eugeniusz  
ul. Niemniowska 1 m. 64  
Warszawa(PL)

72 Erfinder: Trzecianowski, Andrzej, Boguslaw  
ul. Slaska 37  
Warszawa(PL)

74 Vertreter: Ebbinghaus, Dieter et al,  
v. FÜNER, EBBINGHAUS, FINCK Patentanwälte  
European Patent Attorneys Mariahilfplatz 2 & 3  
D-8000 München 90(DE)

54 Verfahren zum Trocknen und Schützen von Mauerwerk vor erneuter Befeuchtung.

57 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Trocknen und Schützen von Mauerwerk vor erneuter Feuchtigkeitsaufnahme, bei dem der Trocknungsprozeß mittels einer elektroosmotischen Anlage geführt und die Sperre durch in unter einem Winkel zur Erdoberfläche gebohrte Löcher eingeführtes hydrophobes Mittel gebildet wird, wird eine obere Elektrodenreihe in einem Abstand von bis 1 m von den Minus-Elektroden, vorzugsweise in der Nähe der Erdoberfläche in das Mauerwerk eingesetzt. Zur gleichmäßigen Trocknung wird der Abstand zwischen diesen Elektroden in der Reihe je nach der Größe des feuchten Bereiches festgelegt und die Elektroden werden in Sektionen eingeteilt, welche aus separaten Speiseeinrichtungen gespeist werden. Die Löcher für das hydrophobe Mittel werden außerhalb des Wirkungsbereiches des elektrischen Feldes über der oberen Elektrodenreihe gebohrt. In die Löcher wird während des Stromflusses kontinuierlich das hydrophobe Mittel eingeführt, welches nach dem Prinzip des Effektes der Kontinuität des Strahles sowie der kapillaren und der Gravitationsförderung und -übertragung in die Kapillaren und Poren eindringt und sich darin verbreitet, aus denen das abwärts elektrokinetisch transportierte Wasser beseitigt wurde, wodurch eine Sperre für die Feuchtigkeit gebildet wird.

EP 0 111 306 A2

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

EPAB-31511.7 DE/iw

7. Dezember 1983

VERFAHREN ZUM TROCKNEN UND SCHÜTZEN VON MAUERWERK  
VOR ERNEUTER BEFEUCHTUNG

---

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Trocknen  
und Schützen von Mauerwerk vor erneuter Befeuchtung durch  
5 kapillares Wasserziehen aus dem Bodengrund.

Es sind Verfahren zum Trocknen von Mauerwerk durch Elektro-  
osmose oder Tränken des Mauerwerks mit verschiedenen, durch  
Gravitation oder unter Druck einzuführenden chemischen  
Mitteln bekannt. Die in das Mauerwerk durch Gravitation oder  
10 unter Druck eingeführten chemischen Mittel dringen nicht ausrei-  
chend in die wassergefüllten Poren und Kapillaren hinein.

Es ist aus PL-PS Nr. 103 633 ein Verfahren bekannt, welches  
das Erreichen dieses Zieles ermöglicht. Bei diesem Verfah-  
ren erfolgt der Wassertransport nach unten und der Transport  
15 des hydrophoben Mittels nach oben. Die Änderung der Trans-  
portrichtung des flüssigen Mediums erfolgt durch Veränderung

der Polarität der Spannung, welche an die Elektroden gelegt wird, gegenüber der Polarität, die beim Trocknen einem abwärtsgerichteten Wassertransport sichert. Die Einführung des hydrophoben Mittels in das Mauerwerk erfolgt nach dem  
5 Prinzip des Aufwärtsziehens des Wassers, was durch elektrosmotischen Unterdruck hervorgerufen wird, der nach oben gerichtet ist, wobei diese Richtung sich aus der Änderung der Polarität der Spannung ergibt.

Dieses Verfahren weist jedoch eine geringe Vergrößerung des  
10 Eindringungsbereiches des hydrophoben Mittels gegenüber dem Gravitationstränken auf. Dies ergibt sich aus folgenden Erscheinungen. Die dem Hydrophobisierungsprozeß vorangehende Wasserentfernung aus dem betroffenen Bereich ist mit dem Eindringen von Luft in die vom Wasser befreiten Kapillaren  
15 verbunden. Auf diese Weise werden wegen der großen Expansionsfähigkeit der Luft die die Entstehung des Unterdruckes bedingenden Faktoren verschlechtert, die ein effektives Tränken des Mauerwerks mit dem hydrophoben Mittel ermöglichen. In den Kapillaren, aus denen das Wasser vollkommen  
20 entfernt ist oder nur auf den Wänden der Kapillaren eintritt, verschwindet der Unterdruck fast gänzlich. In dieser Lage erfolgt die Einführung des hydrophoben Mittels und dessen Verteilung in dem Mauerwerk vorwiegend nach dem Gravitationsprinzip. Zusätzlich entsteht in den Kapillaren  
25 mit kleinsten Durchmessern der Lufteinbrucheffect, d.h. Luftpfropfen, welche das Eindringen des hydrophoben Mittels erschweren oder sogar verhindern. Das Ergebnis dieser Erscheinungen ist ein ungleichmäßig hydrophobisierter Mauerwerkbereich, der nicht immer ausreichend ist, um das wieder-  
30 holte Wasserziehen aus dem Boden vollständig zu verhindern. Falls dabei die Richtung der an die Elektroden gelegten Spannung geändert wird, wird erneut Wasser aufwärts gezogen,

welches vorher nach unten gebracht wurde, was durch den Effekt des elektroosmotischen Transportes verstärkt wird. Im Ergebnis wird, gerechnet vom Niveau der negativen Elektrode, das Niveau des Auftretens der erhöhten Befeuchtung erhöht, welche das Eindringen des hydrophoben Mittels durch Gravitation verhindert. Gleichzeitig wird wegen des Luft-  
5 einbruches in die Kapillaren der Eindringungsbereich des hydrophoben Mittels aufwärts nicht wesentlich über das durch kapillares Unterziehen dieses Mittels bestimmte Niveau erhöht. Die Änderung der an die Elektroden der elektroosmotischen Anlage gelegten Spannung, welche während der Hydrophobisierung erfolgt, welcher das Trocknen vorangeht, erhöht also den Eindringungsbereich des hydrophoben Mittels.  
10 nur unwesentlich und sichert nicht die Erreichung der möglichen Größen der vollkommen hydrophobisierten Bereiche.  
15

Vom Standpunkt des Zieles des Verfahrens hingegen, welches in der Erreichung eines möglichst hohen Sättigungsgrades mit dem hydrophoben Mittel im Bereich vom Eingießniveau nach unten besteht, zieht die Umkehr der an die Elektroden der elektroosmotischen Anlage gelegten Spannung eine Verminderung des hydrophobisierten Bereiches gegenüber dem Bereich nach sich, der durch Gravitation in dem vorher elektroosmotisch getrockneten Mauerwerk durch das hydrophobe Mittel durchgedrungen wird. Außerdem erlaubt es dieses Verfahren  
20 nicht, die unter der Erdoberfläche befindlichen Mauerwerkbereiche abzusichern. Dies ergibt sich daraus, daß nach der Umkehr der Richtung der an die Anlage gelegten Spannung in diesem Bereich das kapillare Unterziehen, verstärkt durch den elektroosmotischen Transport, schneller abläuft als der  
25 Prozeß der Gravitations-Durchdringung des hydrophoben Mittels, der durch den elektroosmotischen Transport geschwächt wird, welcher entgegengesetzt zu der Richtung der Gravita-  
30

tions-Durchdringung gerichtet ist. In der Praxis hat sich erwiesen, daß dieses Verfahren durch rasche Abnahme der Trocknungseffektivität während der ersten Tage nach der Betätigung der Anlage gekennzeichnet ist.

- 5 In der restlichen Trocknungszeit bleiben die elektroosmotischen Durchflüsse auf einem viel niedrigeren Niveau als während der Anfangsperiode. Die Ursache besteht in der raschen Abnahme des im Mauerwerk in dieser Zeit fließenden Stromes. Diese Abnahme ergibt sich aus den rasch auftretenden  
10 den Polarisationsprozessen.

Das Verfahren schützt auch nicht vor den nach Meinung von Spezialisten im Bereich der Pflege von Baukunstdenkmälern ungünstigen Effekten, welche durch die Veränderung der Salzkonzentration in der Mauer hervorgerufen werden können. Diese  
15 Veränderungen sind mit dem Ionenstrom während des Stromflusses durch das Mauerwerk, der Ionenleitfähigkeit, sowie mit der Elektrolyse des Wassers verbunden. In Bezug auf die langsame Salzanreicherung mit Salzlösungen, die aus dem Boden aufgenommen werden, was manchmal einige zehn oder sogar  
20 hundert Jahre dauert, sind diese Veränderungen sprunghaft und bewirken durch den Zufluß der wandernden Ione und durch elektrolytische Wasserzersetzung zu Wasserstoff und Sauerstoff einen Anstieg des Salzanteiles in dem Bereich des Mauerwerks, in dem der Strom fließt. Das fortschreitende  
25 Auskristallisieren der Salze ist die Ursache der häufigen Entstehung schwer entfernbare Flecken und Fressen auf den Oberflächen elektroosmotisch getrockneten Mauerwerks, in unmittelbarer Nähe der Elektroden.

Mit der Frage des wachsenden Salzanteiles ist eine noch gefährlichere Erscheinung als das Fressen verbunden. Es hat  
30

sich erwiesen, daß die Salze einen destruktiven Einfluß auf den hydrophoben Film ausüben, der die Wände der Kapillaren überzieht, wodurch er vom Untergrund gelöst und seine Struktur vernichtet wird. Es wird angenommen, daß nach einigen  
5 zehn Jahren der Hydrophobisierungsprozeß wiederholt werden muß. Man kann folgern, daß mit der Zunahme des Salzanteiles im Mauerwerk die Beständigkeit der hydrophoben Sperre abnimmt.

Bei Anordnung der Plus-Elektroden über den Löchern zur Hydrophobisierung nach der Tränkung des Mauerwerks mit einem  
10 hydrophoben Mittel werden der Stromfluß durch den hydrophobisierten Bereich und der Trocknungsprozeß praktisch unterbrochen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Eindringungsbereich des hydrophoben Mittels in das Mauerwerk zu vergrößern,  
15 die Gleichmäßigkeit seiner Verteilung in der Hydrophobisierungszone zu erhöhen, die Beständigkeit des hydrophoben Filmes auf den Wänden der Poren und Kapillaren zu erhöhen und die Zeitdauer der mit dem Trocknen und Absperren der Feuchtigkeit verbundenen technologischen Prozesse zu verkür-  
20 zen.

Erfindungsgemäß wird die obere Reihe der Plus-Elektroden im Mauerwerk in einer Entfernung vom bis 1 m von den Minus-Elektroden, vorzugsweise in der Nähe der Bodenfläche eingesetzt. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Trocknung werden  
25 die Abstände zwischen den Elektroden innerhalb einer Reihe je nach der Größe des befeuchteten Bereiches festgelegt und in Sektionen geteilt, welche von separaten Quellen gespeist werden. Die Löcher für das hydrophobe Mittel werden außerhalb des Einflußbereiches des elektrischen Feldes der oberen  
30 Elektrodenreihe gebohrt. In diese Löcher wird während des

Stromflusses kontinuierlich das hydrophobe Mittel eingeführt, welches entsprechend dem Effekt der Kontinuität des Stromes sowie der kapillaren und Gravitationsförderung und -übertragung in die Kapillaren und Poren eindringt und sich  
5 dort verbreitet, wo das elektrokinetisch abwärts transportierte Wasser entfernt wurde, wodurch eine Sperre für die Feuchtigkeit gebildet wird.

Der auf diese Weise realisierte Transport der Flüssigkeiten (des Wassers und des hydrophoben Mittels) in dem Mauerwerk  
10 wird durch elektrokinetische Drücke hervorgerufen, deren genügend große Werte in diesem Falle durch Erzwingung der Stromwerte auf folgende Weise gesichert werden:

- a) Erniedrigung des Wertes der Polarisationsspannung des Systems Elektrode-Mauerwerk von den in der Praxis vor-  
15 kommenden Werten von 6 bis 10 V auf unter 4 V,
- b) Erniedrigung des Anfangswertes der Resistenz des Bereiches des Mauerwerks zwischen den Elektroden um etwa 50 %.

Dies wird durch Erniedrigung der Ausdehnung des an dem Prozeß des elektrokinetischen Transportes beteiligten Systems  
20 erreicht, sowie dank der vorzüglichen Anordnung der zum Eingießen der hydrophoben Flüssigkeit vorgesehenen Löcher.

Der Ausgleich der anfangs beträchtlichen Inhomogenität der Stromdichte in dem Mauerwerk erfolgt in einem ausreichenden Ausmaß bereits in den ersten Arbeitsstunden der Anlage  
25 (dank den Polarisationseffekten, welche am schnellsten an den Linien der größten Werte der Stromdichte auftreten).

Das Verfahren gewährleistet die Erhöhung der Effektivität der Trocknung dadurch, daß im Moment des Einschaltens der erzwingenden Gleichspannung in dem Kreis der Strom erscheint

und, der Trocknungsprozeß beginnt, dessen Effektivität mit dem Stromwert zunimmt:

Bei der gegebenen Erzwingung, ist der größte Wert dieses Stromes sein Anfangswert, der beim Einschalten der Speise-  
5 einrichtungen auftritt. Während des Stromflusses in einer Richtung erfolgen in dem Mauerwerk elektrochemische Polarisationserscheinungen, deren Effekt die Entstehung einer durch externe Erzwingung geladenen Zelle in dem Mauerwerk ist, deren Spannungsrichtung der der äußeren Speisequellen  
10 entgegengesetzt ist. Die Polarisationsspannung wächst stets mit dem Stromfluß durch das Mauerwerk. Anfangs wächst sie sehr rasch; sie nähert sich dann asymptotisch dem festgelegten Wert, der bei typischen elektroosmotischen Anlagen ca. 6 V beträgt, häufig aber bis 10 V reicht.

15 Dementsprechend bewirkt die elektrochemische Reaktion des Mauerwerks auf den dadurch fließenden Strom die in der elektrischen Aufladung des Mauerwerks besteht, entsprechen dem Prinzip "Aktion-Reaktion", eine Verminderung des durch dieses Mauerwerk fließenden Stromes, was insbesondere in der  
20 Anfangsperiode der Trocknung sichtbar ist.

25 Weil bisher kein wirksames Verfahren zu Depolarisation des durch die Wirkung einer elektroosmotischen Anlage umfaßten Mauerwerks bekannt ist, wird nach einer höchstmöglichen Beschränkung des festgelegten Wertes der Polarisationsspannung gestrebt. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird dies durch Verminderung der Ausdehnung der Polarisationsquelle erreicht. Im Ergebnis erfolgt hier eine vorzügliche Änderung des Verhältnisses des festgelegten Wertes der Polarisationsspannung zu dem Spannungsabfall am Mauerwiderstand; dies hat

einen Anstieg der Stromdichte im Mauerwerk um einige zehn Prozent (bei unveränderter Erzwingung) zur Folge, was wiederum zur Erhöhung der Effektivität der Trocknung beiträgt.

Die Verminderung der Polarisationsspannung und die Absenkung  
5 des Wertes der Resistenz der Bereiches des Mauerwerks zwischen den Plus- und den Minus-Elektroden, verbunden mit der Verminderung des Abstandes zwischen diesen, bewirkt eine Erhöhung der Stromwerte im Wirkungsbereich des elektrischen Feldes, und dadurch eine Erhöhung der elektroosmotischen  
10 Durchflüsse, ermöglicht die Erreichung der Voraussetzungen, die zum "Ansaugen" der hydrophoben Flüssigkeit sogar bei feuchtem Mauerwerk ausreichen und ermöglicht dadurch die Durchführung der Hydrophobisationsarbeiten parallel zum Trocknen, was es erlaubt, die Gesamtdauer der Durchführung  
15 der Maßnahme am Mauerwerk zu verkürzen.

Der Durchdringungsbereich des hydrophoben Mittels wird erweitert, im Verhältnis zu dem Bereich, der durch Gravitation in vorher getrocknetem Mauerwerk erreicht wird, und umsomehr im Verhältnis zum Hydrophobisationsverfahren nach der  
20 PL-PS 103 633.

Dies ist mit der Beseitigung des schädlichen, erneuten, durch Elektroosmose verstärkten Wasserziehens aus dem Boden verbunden, was während der Hydrophobisierung stattfindet, wenn die Polarität der die elektroosmotische Anlage einspeisenden  
25 Spannung umgekehrt ist.

Falls die Hydrophobisierung parallel zum Trocknen geführt wird, besteht ein zusätzlicher Vorteil in der wesentlichen Verminderung des "Lufteinbruches" in die Kapillaren, was das Ansaugen der hydrophoben Flüssigkeit schwächt.

Die Verminderung des zwischen den oberen und den unteren Elektroden befindlichen Bereiches des Mauerwerks ermöglicht die Verminderung und Erniedrigung des Bereiches, wo Versalzungen auf der Oberfläche der zu trocknenden Wände auftreten. Hingegen ist der hydrophobisierte Bereich ausgedehnter, beständiger und wirksamer, weil die Einführung der hydrophoben Mittel außerhalb des Stromflußbereiches erfolgt, also an der Stelle, wo keine zusätzlichen, mit der Wasserelektrolyse verbundenen Versalzungen auftreten. Die Endversalzung ist sogar kleiner als die Anfangsversalzung, da ein Teil des Salzes mit dem Wasser beseitigt wird.

Der Einsatz der Einteilung der Elektroden zu Sektionen, welche die Mauerabschnitte umfassen, auf welchen die Feuchtigkeitsverteilung möglichst annähernd konstant ist, sowie die Einspeisung dieser Sektionen aus separaten Quellen erlaubt es, die Voraussetzungen dafür zu schaffen, daß der elektrokinetische Transport mit maximaler Effektivität gleichzeitig in dem ganzen Mauerwerkbereich auftritt, auf welchem die Trocknungs- und Schutzarbeiten geführt werden.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispiele näher erläutert.

#### Beispiel 1

Das befeuchtete Mauerwerk wird, je nach dessen Feuchtigkeitsanfall und Leistungsfähigkeit der Speiseeinrichtungen in Abschnitte aufgeteilt, längs welcher die Plus-Elektroden aufgesetzt werden, welche selbständige Sektionen bilden, die an voneinander unabhängige Speiseeinrichtungen angeschlossen sind.

- In einem nicht unterkellerten Gebäude, das durch kapillares Wasserziehen aus dem Boden befeuchtet war, wurden auf dem Mauerwerk in einer Höhe von 30 cm über der Bodenfläche Plus-Elektroden mit einem Abstand von 40 cm verteilt. Die
- 5 Elektroden wurden in zwei Sektionen geteilt, von welchen jede an einem Plus-Pol einer separaten Speiseeinrichtung mit einer Spannung bis 24 V und einem Strom von bis 1 A angeschlossen wurde. An die Minus-Pole der Speiseeinrichtungen wurde eine gemeinsame Minus-Elektrode angeschlossen.
- 10 Die Minus-Elektrode wurde im Boden um das Gebäude in einer Tiefe von 50 cm unterhalb der Erdoberfläche angeordnet. Die Elektrode hatte die Gestalt eines verzinkten Flacheisens, das im Boden in einem Abstand von 60 cm von den Außenwänden lag.
- 15 In einem Abstand von 20 cm über den Plus-Elektroden wurden Löcher mit einem Durchmesser von 20 mm zur Einführung des hydrophoben Mittels angebohrt. Diese Löcher wurden alle 20 cm unter einem Winkel von 30° zur Horizontalen und mit einer Tiefe von 30 cm bei einer Mauerstärke von 51 cm gebohrt.
- 20 Während des Stromflusses wurde in diese Bohrungen eine hydrophobe Flüssigkeit eingegossen, die auf der Basis von Silikonharzen zubereitet war. Nach einem Monat seit Beendigung der Arbeiten hatte sich die Anfangsfeuchtigkeit von 12 bis 18 % auf 7 bis 10 % und nach drei Monaten auf weniger
- 25 als 5 % erniedrigt.

### Beispiel 2

- In einem Gebäude, in welchem der Feuchtigkeitsanfall in den Wänden durchschnittlich 14 % betrug und verhältnismäßig gleichmäßig verteilt war, wurden Plus-Elektroden mit 60 cm
- 30 Abständen eingesetzt und in vier Sektionen mit je 50 m Länge

geteilt, die aus vier gleichen Speiseeinrichtungen mit max. Leistung von 18 V Spannung und einem Strom von 0,7 A gespeist wurden. Es wurden Minus-Elektroden aus verzinkten Stahlrohren mit 25 mm Durchmesser und 1,5 m Länge eingesetzt, die alle 10 m rund um das Gebäude in den Boden eingeschlagen waren und miteinander durch eine Leitung verbunden waren, wodurch eine gemeinsame Minus-Elektrode für das ganze Gebäude gebildet wurde.

Die einzelnen Sektionen der Plus-Elektroden wurden an die Plus-Pole der separaten Speiseeinrichtungen und die gemeinsame Minus-Elektrode an die Minus-Pole der Speiseeinrichtungen angeschlossen.

In einem Abstand von 20 cm über den Plus-Elektroden wurden Löcher mit 24 mm Durchmesser zur Einführung des hydrophoben Mittels gebohrt. Die Löcher wurden unter einem Winkel von 40° zur Horizontalen in einem Abstand von 20 cm und mit einer Tiefe von 45 cm bei einer Mauerstärke von 65 cm gebohrt. Während des Betriebes der Anlage wurde in die Bohrungen das hydrophobe Mittel eingeführt, das auf der Basis von Silikonharzen zubereitet wurde. Nach einem Monat seit der Beendigung der Arbeiten hatte sich der Feuchtigkeitsanfall in den Wänden vom Anfangswert auf 8 bis 10 % erniedrigt und betrug nach vier Monaten weniger als 5 %.

Die erreichten Resultate weisen auf wesentliche Verkürzung der Trocknungszeit des Mauerwerks des Gebäudes hin. Außerdem erfolgte die Aussalzung der chemischen Verbindungen intensiv unterhalb der Plus-Elektroden, und zwar außerhalb der Zone der hydrophoben Sperre. Auf diese Weise wird nicht nur eine Beschleunigung des Trocknungsprozesses und Vergrößerung der Stärke der hydrophobisierten Zone in dem Mauerwerk, son-

dern auch eine wesentliche Erhöhung der Beständigkeit der hydrophoben Sperre erzielt.

P A T E N T A N S P R U C H

Verfahren zum Trocknen und Schützen von Mauerwerk vor erneuter Befeuchtung, bei dem der Trocknungsprozeß mittels einer elektroosmotischen Anlage geführt und die Sperre durch in unter einem Winkel zur Bodenfläche gebohrte  
5 Löcher eingeführte hydrophobe Mittel gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die obere Elektrodenreihe im Mauerwerk in einem Abstand bis zu 1 m von den Minus-Elektroden, vorzugsweise in der Nähe der Erdoberfläche eingesetzt, und zur Erzielung einer gleichmäßigen  
10 Trocknung der Abstand zwischen den Plus-Elektroden in einer Reihe je nach der Größe des befeuchteten Bereiches festgelegt und die Elektroden in Sektionen geteilt werden, welche aus separaten Quellen gespeist werden, daß die Löcher für das hydrophobe Mittel außerhalb des Wirkungsbereiches des elektrischen Feldes, oberhalb der oberen Elektrodenreihe gebohrt werden und daß in diese Löcher während  
15 des Stromflusses kontinuierlich das hydrophobe Mittel eingeführt wird, welches nach dem Prinzip der Kontinuität des Strahles sowie der kapillaren und der Gravitationsförderung und -übertragung in die Kapillaren und Poren eindringt und sich dort  
20 verbreitet, von welchen das elektrokinetisch abwärts transportierte Wasser beseitigt wird, wodurch eine Sperre für die Feuchtigkeit gebildet wird.