



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 006 225 B3** 2006.01.19

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 006 225.3**

(22) Anmeldetag: **10.02.2005**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **19.01.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B08B 9/027** (2006.01)  
**B08B 7/00** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Fachhochschule Lübeck Körperschaft des öffentlichen Rechts, 23562 Lübeck, DE**

(74) Vertreter:

**BOEHMERT & BOEHMERT, 24105 Kiel**

(72) Erfinder:

**Kümmel, Wolfgang, Prof. Dr., 23562 Lübeck, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

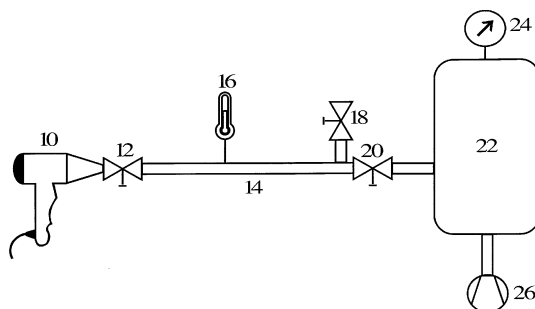
**DE 103 23 298 A1**

**DE 44 30 870 A1**

**EP 01 70 226 A2**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Entfernung von Inkrustationen aus Rohrleitungen**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Reinigung von inkrustierten Rohrleitungen (14), insbesondere von Wasserleitungen, bei dem in einem ersten Schritt die Inkrustationen durch Aufheizen getrocknet und in einem zweiten Schritt durch mechanische Einwirkung entfernt werden, wobei die aufgeheizten Inkrustationen schlagartig einem Grobvakuum ausgesetzt werden.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Reinigungsverfahren für Rohrleitungen, insbesondere für Wasserleitungen, in denen sich mit der Zeit Schwebstoffe an den Rohrwänden ablagern und hochporöse, z. T. dicke Krusten bilden (i. F. Inkrustationen).

**[0002]** Im Rohrleitungssystem etwa eines Wohnhauses bestehen die Inkrustationen gewöhnlich aus Kalk-, Rost- und/oder Manganablagerungen. Sie lassen sich zwar mechanisch entfernen, aber installierte Rohrsysteme sind verwinkelt und stellenweise von kleinem Durchmesser (wenige Millimeter), so dass besondere Techniken erforderlich sind.

### Stand der Technik

**[0003]** Insbesondere ist aus der DE 103 23 298 A1 ein Verfahren zur Sanierung von inkrustierten Wasserrohrleitungen bekannt, bei dem die Inkrustationen zunächst mit einem erhitzten Gas beaufschlagt und erst im Anschluss daran durch die Einwirkung eines Hochdruck-Flüssigkeitsstrahls von der Innenwand gelöst und aus den Wasserrohrleitungen gespült werden. Um die auf die Inkrustationen durch thermische Expansion wirkenden Kräfte noch zu verstärken, schlägt die DE 44 30 870 A1 weiterhin vor, abwechselnd warmes und kaltes Gas durch die Rohrleitungen zu leiten, damit eine möglichst große Temperaturdifferenz zwischen dem Ausgangszustand und dem erwärmten Zustand der Rohrleitung erzielt wird.

**[0004]** Zusätzlich wird bereits von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, die oben genannten Verfahren mit beispielsweise chemischen Verfahren zur Reinigung von Wasserleitungen zu kombinieren. Ein gängiges Verfahren umfasst beispielsweise die folgenden Schritte:

- Entleeren der Rohrleitungen,
- Aufheizen der Rohre und Verdunstungstrocknung,
- Grobreinigung der getrockneten Inkrustationen durch Granulat-Strahlen,
- Feinreinigung durch Säure,
- Neutralisieren der Säurereste,
- Erneute Verdunstungstrocknung der gereinigten Rohre,
- Kunststoffbeschichtung der Rohrwände, um zukünftige Ablagerungen zu vermeiden.

**[0005]** Das Aufheizen der Rohre wird vorzugsweise durch einen heißen Luftstrom konvektiv erreicht. Auch elektrisches Aufheizen durch ohmschen Stromfluss in der Rohrwand ist eine Möglichkeit, die oft beim Auftauen gefrorener Wasserleitungen zum Einsatz kommt. Allerdings besteht hierbei die Gefahr einer Beschädigung der Leitung an mechanisch schwachen Stellen, wenn diese zu heiß werden.

**[0006]** Beim konvektiven Verfahren wird trockene, aufgeheizte Luft mit einem Kompressor durch die Rohrleitungen geblasen. Dies heizt die Verkrustungen auf, und von ihrer Oberfläche her setzt Verdunstung des Porenwassers ein. Der entstehende Wasserdampf wird von der Luft abgeführt. Am Rohrleitungseintritt herrscht typischerweise ein Überdruck von etwa 6000 hPa gegenüber dem Umgebungsluftdruck, am Rohrleitungsausgang liegen beim Eintritt in die Abluftleitungen noch etwa 2000 hPa Überdruck vor. Entsprechend hoch sind die Verdunstungstemperaturen des Wassers. Der Überdruck ist erforderlich, da zur Erzeugung eines intensiven Wärmeübergangs auf die Verkrustungen hohe Luftströmungsgeschwindigkeiten erforderlich sind, die insbesondere in den Rohrleitungselementen mit kleinem Durchmesser zu hohen Druckverlusten durch Strömungsreibung führen.

**[0007]** Die getrockneten Inkrustationen lösen sich relativ leicht durch Granulat-Strahlen. Das trockene Granulat, z.B. Schlacke, wird durch einen nicht aufgeheizten Luftstrom mit hoher Geschwindigkeit durch das Rohrleitungssystem gepresst und reißt die mittlerweile mürben Inkrustationen mit sich.

**[0008]** Aufgrund des durch das konvektive Aufheizen erzielten, zur Rohrwand hin abfallenden, Temperaturprofils und der Verdunstungsvorgänge im Inneren der Verkrustungen verbleibt auch nach langer Trocknungszeit an den Rohrwänden ein Ablagerungsrest mit breiiger Konsistenz, der immer noch Flüssigkeit enthält und zum Verklumpen des Granulates führen kann.

**[0009]** Die letzten Schritte des obigen Beispiels (Verdunstungstrocknung und Kunststoffbeschichtung) sind gewiss optional und betreffen nicht mehr unmittelbar die Beseitigung der Inkrustationen. Zur Vorbereitung der Kunststoffbeschichtung werden die Rohrwände mittels Granulat aufgeraut. Es ist klar, dass die Inkrustationen vor diesem Prozess möglichst vollständig entfernt worden sein sollten. Im Folgenden wird die Beschichtung nicht weiter diskutiert.

**[0010]** Neben der beschriebenen Verdunstungstrocknung ist auch die Unterdrucktrocknung von Rohrleitungssystemen bekannt. Sie macht sich zunutze, dass die Verdunstungstemperatur von Flüssigkeiten mit dem in der Umgebung der Flüssigkeit vorliegenden Druck abnimmt. Insbesondere wenn das Aufheizen der Rohre nicht oder nur mit großem Aufwand erfolgen kann, stellt die Unterdrucktrocknung eine gute Alternative dar. In Fernrohrleitungen wird der Druck soweit abgesenkt, dass Feuchtigkeit an den Rohrwänden bereits bei Umgebungstemperatur verdampft. Der Dampf wird kontinuierlich mit der Luft abgesaugt und vorzugsweise durch eine gekühlte Kondensationsvorrichtung geführt. Ein solches

Verfahren wird genauer in der EP 0 170 226 A2 beschrieben.

**[0011]** Die Trocknung dicker Verkrustungen in Wasserrohren bei Umgebungstemperatur mittels Unterdruck erscheint hingegen weniger angebracht, da das Wasser durch die schwammartigen Krusten in erheblichen Mengen festgehalten wird. Wegen des zur Verdampfung erforderlichen hohen Energiebedarfs wird nur ein geringer Teil der eingelagerten Flüssigkeit verdampfen, und zwar vornehmlich an der freien Oberfläche der Verkrustungen. Die weiter im Inneren der Verkrustungen gespeicherte Flüssigkeitsmenge wird bei ihrer Verdampfung behindert, da der entstehende Dampf wegen der noch wassergefüllten Poren nicht frei ins Rohrinne diffundieren und es zu Rekondensation kommen kann. Der Trocknungsprozess der Inkrustation würde entsprechend lange dauern. Außerdem würde die bei Umgebungstemperatur im verkrusteten Rohr gespeicherte Wärmeenergie nicht zur Verdampfung der gesamten in den Verkrustungen gespeicherten erheblichen Flüssigkeitsmengen ausreichen.

#### Aufgabenstellung

**[0012]** Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur Entfernung von Inkrustationen aus Rohrleitungssystemen, insbesondere Wasserleitungen, vorzuschlagen. Die Verbesserung soll in einer Beschleunigung der Krustentrocknung und einer verbesserten Ablösung der getrockneten Krusten bei der Grobreinigung bestehen.

**[0013]** Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Hauptanspruchs. Die Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens an.

**[0014]** Die Erfindung macht sich zwei nicht unbedingt allgemein bekannte Sachverhalte zunutze:

1. Die Inkrustationen sind nicht chemisch mit der Rohrrinnenwand verbunden. Durch mechanische Einwirkung (z.B. Deformation, Erschütterungen, erosive Behandlung) fallen trockene Krusten leicht und fast vollständig ab. Sie zerbröseln sehr leicht zu Staub.
2. Wird durch Aufheizung des Rohres das Wasser in den Krusten so weit erwärmt, dass seine Temperatur deutlich oberhalb der Verdampfungstemperatur bei Unterdruck (Grobvakuum) liegt, dann führt die schlagartige Evakuierung des Rohrsystems auch zur instantanen Verdampfung von tiefer liegendem Porenwasser, wobei Teile der Inkrustation geradezu abgeprengt werden können. Als Folge wird weit mehr Wasser pro Zeiteinheit verdampft als bei einem der genannten Verfahren nach dem Stand der Technik.

**[0015]** Die Lehre der vorliegenden Erfindung be-

steht deshalb darin, das inkrustierte Rohrsystem zunächst in an sich bekannter Weise aufzuheizen und dann eine schlagartige Evakuierung der geheizten Rohre herbeizuführen, welche auf ein Grobvakuum führt. Die Beseitigung der getrockneten Krusten erfolgt danach mit irgendeinem bekannten mechanischen Verfahren, bevorzugt mit einem Granulatstrahlverfahren, wobei sich zeigt, dass die Abtragung des Krustenmaterials erheblich gesteigert wird.

**[0016]** Die Erfindung wird näher erläutert anhand der einzigen

**[0017]** [Fig. 1](#) Prinzipaufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Trocknungsverfahrens für Inkrustationen in Rohrleitungen.

**[0018]** In [Fig. 1](#) wird das Rohrleitungssystem durch ein einfaches Rohr **14** mit einer Eintritts- und zwei Austrittsöffnungen für Luft repräsentiert, die jeweils mit einem Kugelhahn (**12**, **18**, **20**) versehen sind. Zugleich ist der Prinzipaufbau auch ein konkretes Labormuster, an dem reale Messungen vorgenommen wurden, d.h. es handelt sich hier auch um ein Ausführungsbeispiel.

**[0019]** Eine Temperaturmessvorrichtung **16** ist an beliebiger Stelle des Rohres vorgesehen und der Ort der Messung kann vorzugsweise während der Aufheizung verändert werden.

**[0020]** Mit einem Heißluftgebläse **10** wird das Rohr **14** bei geöffneten Kugelhähnen **12** und **18** und verschlossenem Kugelhahn **20** durchblasen. Aufgrund der strömungsbedingten Druckverluste entsteht ein Überdruck im Rohrsystem. Wie bereits gesagt, liegt er bei realen Hauswasserleitungen typisch zwischen 6000 und 2000 hPa über dem Umgebungsdruck. Die Aufheizung des Rohres **14** wird überwacht und beendet, sobald die Temperatur des Rohres im Mittel zwischen 40 °C und 50 °C liegt.

**[0021]** Im Laborversuch lag die Temperatur der Rohrmittelpunkt nach 10 Minuten Aufheizzeit bei etwa 46 °C.

**[0022]** Sodann werden die Kugelhähne **12** und **18** verschlossen und stattdessen der Kugelhahn **20** geöffnet. Bereits zuvor ist im Windkessel **22** mittels der Vakuumpumpe **26** ein Grobvakuum von 20 hPa hergestellt worden. Das Manometer **24** dient der Kontrolle des Vakuums. Beim Öffnen des Kugelhahns **20** wird das geheizte Rohr **14** nunmehr schlagartig evakuiert. Die Verdampfungstemperatur von Wasser liegt bei einem Druck von 20 hPa lediglich bei 17,5 °C. Da das Wasser im Rohr **14** mehr als die doppelte Temperatur besitzt, findet nun massive Verdampfung statt. Die Vakuumpumpe **26** läuft indes weiter, um den entstehenden Wasserdampf teilweise abzusaugen.

**[0023]** Der Unterdruck wurde im Laborversuch für 10 Minuten aufrechterhalten. In dieser Zeit stieg der absolute Druck im Kessel **22** auf 200 hPa, da die zur Verfügung stehende Vakuumpumpe nicht das gesamte entstehende Dampfvolument absaugen konnte. Die Temperatur des Rohrs **14** fiel auf 36 °C. Aufheizen und Evakuieren wurden jeweils für 10 weitere Minuten wiederholt. Anschließend wurde die verdampfte Wassermenge durch Wägung ermittelt. Im Vergleich mit einem dem Rohr **14** weitgehend analogen Rohr, das in einem Vergleichsversuch für 20 Minuten allein der Verdunstungstrocknung unterzogen war, wurden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren **55 %** mehr Wasser entzogen.

**[0024]** Offenbar setzt die Verdampfung im gesamten Querschnitt der Verkrustung gleichzeitig ein, wenn Unterdruck hergestellt wird. Dafür spricht auch die staubtrockene Konsistenz der Inkrustationen nach dem obigen Experiment. Sie zerfielen beim Reiben bzw. beim Abheben von der Rohrwand (Schraubendreher) leicht. Reste von Feuchtigkeit waren nur unmittelbar an der Rohrwand am kälteren Rohrende erkennbar.

**[0025]** Im Falle des Vergleichsrohres enthielten die Inkrustationen noch deutliche Wassermengen und es entstand beim Zerreiben der Krusten ein breiiger Belag, der einer effektiven Entfernung durch Strahlgut entgegensteht.

**[0026]** Es kann deshalb bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens prinzipiell von einem verbesserten Ablöseverhalten der Inkrustationen ausgegangen werden.

**[0027]** Das Verfahren wurde auch im Feldversuch auf einer Sanierungsbaustelle erprobt. Nach einer Aufheiz- und einer anschließenden Evakuierungsphase wurde mit Granulat gestrahlt, wobei sich Inkrustationen in nicht gekannter Größe und Menge gelöst haben.

**[0028]** Ein zukünftiges kommerzielles Verfahren zur Reinigung inkrustierter Rohrleitungen wird wie folgt vorgeschlagen:

- Das inkrustierte Rohrsystem wird entleert und aufgeheizt. Die Wärme kann durch Heißluftkonvektion oder elektrisch zugeführt werden.
- Ein vorab evakuierter Windkessel (absoluter Druck 20-30 hPa, also Grobvakuum) wird dem aufgeheizten Rohrsystem schlagartig angeschlossen. Der entstehende Dampf wird mittels einer Vakuumpumpe permanent aus dem Kessel abgesaugt. Es kann vorteilhaft sein, einen Wärmetauscher (Kondensator) zwischen Windkessel und Vakuumpumpe anzuordnen, um mit einer geringeren Pumpleistung auszukommen.
- Mit einem mechanischen Verfahren werden die getrockneten Krusten schließlich entfernt. Granu-

lat-Strahlen hat sich bereits bewährt und stellt eine bevorzugte Möglichkeit dar.

**[0029]** Aus praktischen Gründen kann es eine bevorzugte Variante des Verfahrens sein, auf den Windkessel zu verzichten (Transportproblem) und stattdessen nur eine ausreichend leistungsfähige Vakuumpumpe an das Rohrsystem anzuschließen. Wesentlich ist nur, das Grobvakuum möglichst schnell nach der Aufheizphase herzustellen. Das Volumen eines typischen Wasserrohrsystems in Wohnhäusern ist gewöhnlich recht gering und kann schnell evakuiert werden.

**[0030]** Selbstverständlich kann die beschriebene Vakuumtrocknung auch in mehreren Wiederholungsschritten erfolgen. Dies ist sinnvoll bei verfahrensbedingt erforderlichen Zwischentrocknungen oder falls die in der aufgeheizten Leitung gespeicherte Wärmemenge nicht zur vollständigen Verdampfung ausreicht.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Reinigung von inkrustierten Rohrleitungen (**14**), insbesondere von Wasserleitungen, bei dem in einem ersten Schritt die Inkrustationen durch Aufheizen getrocknet und in einem zweiten Schritt durch mechanische Einwirkung entfernt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die aufgeheizten Inkrustationen schlagartig einem Grobvakuum ausgesetzt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein evakuierter Kessel (**22**) mit den Rohrleitungen (**14**) über wenigstens einen zunächst geschlossenen Hahn (**20**) verbunden wird, und wenigstens einer der Hähne (**22**) nach der Aufheizung der Inkrustationen geöffnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass im Kessel vor dem Öffnen des Hahns (**20**) ein Grobvakuum von höchstens 30 hPa eingerichtet wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Inkrustationen auf wenigstens 40 °C aufgeheizt werden.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vakuumpumpe (**26**) permanent Luft und Dampf aus dem Rohrleitungssystem (**14**) absaugt, nachdem die Inkrustationen dem Grobvakuum ausgesetzt worden sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Rohrleitungssystem (**14**) und Vakuumpumpe (**26**) eine Kondensationseinrich-

tung für den Dampf angeordnet wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

