

(19)



(11)

EP 2 674 228 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
16.07.2014 Patentblatt 2014/29

(51) Int Cl.:
B08B 9/032 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12004384.9**

(22) Anmeldetag: **11.06.2012**

(54) **Verfahren zur Entfernung von Ablagerungen und/oder Biofilmen in einer Rohrleitung über modulierende Druckimpulse**

Method for removing deposits and/or biofilms in a pipe by means of modulating pressure impulses

Procédé de retrait de dépôts et/ou de biofilms dans une conduite par le biais d'une impulsion de pression modulée

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.12.2013 Patentblatt 2013/51

(73) Patentinhaber: **Hamman GmbH
76855 Annweiler am Trifels (DE)**

(72) Erfinder:
• **Dipl.Ing. Hamman, Hans-Gerd
D-76855 Annweiler am Trifels (DE)**

• **Dr. Klein, Norbert
F-57520 Grosbliederstroff (FR)**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Dr. Keller, Schwertfeger
Westring 17
76829 Landau (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**FR-A1- 2 602 571 US-A1- 2005 150 526
US-A1- 2008 210 262**

EP 2 674 228 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entfernung von Ablagerungen und/oder Biofilmen in einer Rohrleitung durch modulierende Druckimpulse.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen zum Spülen und Reinigen von Rohrleitungen, insbesondere Trinkwasserleitungen durch Beaufschlagung der Rohrleitung mit Druckimpulsen oder Gemischen von Wasser und Gasblasen sind seit längerem bekannt. Bereits die deutsche PS 67368 beschreibt ein Verfahren zur Entfernung von festen Schlammniederschlägen aus Rohrleitungen durch Einführen eines Stromes nicht kondensierender Gase. Bei dem Verfahren wird eine beschleunigte Reinigung von Rohrleitungen erzielt, indem man unter Druck stehende, nicht kondensierende Gase wie Luft, Kohlensäure o.ä. durch die Leitung treibt. Dabei wird eine starke Verwirbelung des Gemisches von Wasser und Gasblasen angestrebt, um eine kräftig reibende Wirkung zu erzielen.

[0003] In der DE 10 204 737 A1 werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Reinigen einer Rohrleitung beschrieben, bei denen eine Einspeisung eines Stickstoffgases in die Rohrleitung intervallartig erfolgt, indem der Wasserstrom in Fließrichtung durch Stickstoffgasblasen unterteilt wird. Dadurch entstehen in der Rohrleitung fortschreitende Wasser- und Stickstoffblasen, die aufgrund sich stark ähnelnder Fließgeschwindigkeiten zu einer starken Wirbelbildung führen, was eine Ablösung von Ablagerungen in der Rohrleitung zur Folge hat. Bei dem Verfahren bauen sich die Stickstoffblasen nach der Öffnung des Intervallventils in ca. 2 bis 5 Sekunden auf, so dass das Intervallventil nach dieser Öffnungszeit wieder geschlossen werden kann. Dabei ist eine Sperrzeit notwendig, damit sich der für die Beaufschlagung der Leitung erforderliche Druck von 4 bis 8 bar weiter aufbauen kann. Erst nach Ablauf dieser Sperrzeit kann eine neue Stickstoffblase in die Leitung beaufschlagt werden.

[0004] Bei der DE 372 25 49 A1 erfolgt die Reinigung über eine pulsierende Druckluftzuführung in die Spülflüssigkeit, wobei die Druckstöße der Spülflüssigkeit entweder gleichzeitig oder abwechselnd mit den Druckstößen der Druckluft erfolgen.

[0005] In der DE 350 29 69 A1 wird ein Verfahren zur Reinigung von Rohrleitungen mit Hilfe von gleichzeitig eingeleiteten Impulsen einer Flüssigkeit und eines Gases beschrieben, wobei sich diese Impulse zu Gesamtpulsen mischen, welche die Rohrleitung intermittierend durchsetzen. Bei dem Verfahren wird der Impuls der Flüssigkeit bzw. der Impuls des Gases in mehrere Einzelimpulse zerlegt, wodurch die Wirkung der Reinigung erhöht werden soll. Zum Lockern, Lösen und Fortspülen der in der Rohrleitung fest sitzenden Feststoffe geschieht das Einleiten des Wassers und der Luft in Form von rechteckigen, nacheinander folgenden Impulsen, wobei sich das Wasser und die Luft miteinander vermischen und als Gesamtpulse die Rohrleitung bis zu deren offenen Ende durchsetzen. Die Impulse der Luft be-

stehen aus mehreren Einzelimpulsen gleicher Abstände, gleicher Amplitude und gleicher Länge.

[0006] In der DE 44 389 39 C2 wird ein Verfahren zur Reinigung von Trinkwasserleitungen und zum Spülen von Trinkwasserleitungsnetzen vorgeschlagen, bei dem die Reinigungswirkung des Spülverfahrens dadurch bewerkstelligt wird, dass in einem Wasserstrom eine Luftblase in die Rohrleitung beaufschlagt wird, die an ihren Rändern bestrebt ist, sich mit dem Spülwasser zu mischen. Die Vermischung erfolgt unter turbulenten Verhältnissen und unter Ausbildung von Wirbeln, durch welche Kavitationserscheinungen hervorgerufen werden, was zu einer Ablösung von losen Ablagerungen in der Rohrleitung führt. Die Leitung wird in mehreren Intervallen mit Luftblasen beaufschlagt. Die Wirkung des Spülverfahrens beruht hauptsächlich auf der Einleitung von größeren komprimierten Luftblasen in fließendes Wasser sowie auf Kavitation. In einigen verwandten Verfahren wird zur Innenreinigung von Rohren zusätzlich ein abrasives Mittel verwendet, bei dem dieses mit wenigstens einem flüssigen und einem gasförmigen Fluid durch ein zu reinigendes Rohr geschickt wird (vgl. EP 06 34 229 A1). Ein ähnliches Verfahren ist auch in der US 2005/0137104 A1 beschrieben.

[0007] In der EP 10 271 75 B1 wird ein Verfahren zum Entfernen von Biofilmen in Rohrleitungen beschrieben, bei dem eine Kombination eines unter Druck stehenden Gases und einer geeigneten wässrigen Reinigungslösung dazu verwendet wird, eine turbulente Umgebung auf oder in einem Rohr/Schlauch mit einem Biofilm oder Debris auf den inneren oder äußeren Oberflächen zu erzeugen, welche den Biofilm und die Debris vollständig entfernt. Auch das darin beschriebene Verfahren ähnelt den bereits zuvor erwähnten, da auch hier zur Erhöhung der Scheuerwirkung die unter Druck stehende Luft gepulst wird.

[0008] Verfahren, bei denen eine Leitung über abwechselnde Folgen von Gas- und Wasserblöcken beaufschlagt werden sind ferner Bestandteil der DE 10 2010 013167 A1, DE 10 2008 056523 A1, DE 10 2008 056522 A1 und DE 10 2008 048710 A1. Bei diesen Verfahren werden abwechselnd Gas- und Wasserblöcke erzeugt, die hintereinander durch die Leitung wandern und über Verwirbelungen an der Innenoberfläche der Leitung die Ablagerungen oder Biofilme lösen.

[0009] Obgleich die oben beschriebenen Verfahren, die eine Kombination eines Wasser- und Gaszufuhr entweder als Gemisch oder als Impulse beschreiben, einen gegenüber einer herkömmlichen Wasserspülung gesteigerten Reinigungserfolg aufweisen, so ist es insbesondere bei hartnäckigen Ablagerungen, wie Biofilmen, noch immer erforderlich, dass die Spülstrecke über längere Zeit oder mehrmals behandelt wird. Die mit diesen Verfahren erzielten Fließgeschwindigkeiten sind nicht ausreichend, dass die Leitung mit wenig Impulsen gereinigt wird. Eine Beaufschlagung der Leitung mit sehr hohen Drücken oder einer großen Anzahl von Impulsen beansprucht jedoch zum einen die Leitung, erfordert zum

anderen auch einen erheblich höheren Energiebedarf und zusätzlichen Aufwand bei der Durchführung. Insbesondere bei der Entfernung von Biofilmen ist man daher auf die zusätzliche Gabe von chemischen Reinigungsmitteln angewiesen, was unbefriedigend ist.

[0010] Die impulsartige Beaufschlagung einer Leitung mit einzelnen Druckimpulsen führt entweder zu einer Vermischung mit dem in der Leitung befindlichen Wasser oder zu einer Folge von Wasserblöcken und Gasblöcken, die die Leitung intermittierend durchsetzen. Dabei ist die Höhe des zu beaufschlagenden Druckes begrenzt auf die jeweilige Nennweite und Länge der Spülstrecke in der Leitung. Insbesondere bei sehr hartnäckigen Ablagerungen führen diese Verfahren nicht zu einem zufriedenstellenden Reinigungsergebnis.

[0011] Dokument US 2008/210262 A1 offenbart ein Verfahren zur Reinigung einer Rohrleitung, wobei die Rohrleitung in einer ersten Vorbereitungsphase entleert wird, und danach mit einer Reinigungsflüssigkeit teilgefüllt wird. In der Reinigungsphase wird der Druck an einem Ende der Rohrleitung vergrößert, während der Druck am anderen Ende der Rohrleitung verkleinert wird.

[0012] Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein gegenüber dem bekannten Stand der Technik verbessertes, auf Gaszufuhr basierendes Verfahren zur Entfernung von Ablagerungen und/oder Biofilmen in einer Rohrleitung anzugeben, bei dem eine gesteigerte Reinigungswirkung bei zugleich überschaubarem Energie- und Zeitaufwand bewerkstelligt werden kann.

[0013] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Bevorzugte Ausführungsformen finden sich in den Unteransprüchen wieder.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren besteht aus einer Vorbereitungsphase und einer sich anschließenden Reinigungsphase und basiert im Wesentlichen darauf, dass die zu reinigende Leitung mit einem im Wesentlichen dominierenden, leitungsausfüllenden Gasvolumen bei geringer Flüssigkeitsmenge unter hohem moduliertem Druck sowie sich wiederholenden Druckimpulsen behandelt wird. Die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erreichten Fließgeschwindigkeiten der über Druckimpulse erzeugten Wasserblöcke sind so hoch, dass Wandschubspannungen von mehr als 7000 N/m² erreicht werden können. Dadurch werden selbst hartnäckige Ablagerungen, wie zum Beispiel Biofilme, bei gleichzeitig schonender Behandlung der Leitung entfernt. Auch sind lange Spülstrecken von mehreren hundert Metern bis Kilometern und/oder Leitungen mit größer Nennweite möglich zu reinigen. Diese Reinigungswirkung übertrifft bei den genannten Spülstrecken die Wirkung bekannter Verfahren.

[0015] Das erfindungsgemäße Verfahren kann in mehrere Phasen eingeteilt werden:

[0016] In einer ersten Vorbereitungsphase, die zugleich auch den ersten Verfahrensschritt kennzeichnet, wird die Leitung zuerst über eine große Gasmenge (üb-

licherweise Luft) bei gleichzeitig reduziertem Flüssigkeitszufluss bis auf eine Flüssigkeitsrestmenge teilentleert, ohne dabei wesentliche Druckausschläge zu erzeugen. Üblicherweise handelt es sich bei der Flüssigkeit um Wasser. Durch den unter Druck eingebrachten großen, leitungsausfüllenden Gasanteil entsteht in der Leitung entlang der Spülstrecke eine Gasblase, die das in der Leitung fließende Wasser zum größten Teil verdrängt. Vorzugsweise sind mehr als 67%, bevorzugter mehr als 75%, bevorzugter mehr als 90% der Leitung mit Gas gefüllt. Lediglich am Leitungsboden sammelt sich in dieser ersten Phase, teilweise bedingt durch Rückfluss von Flüssigkeit im Sohlebereich, das durch die Druckblase verdrängt worden ist, eine kleinere Menge Flüssigkeit. Der Großteil der Flüssigkeit in der Leitung wird jedoch durch die leitungsausfüllende Druckblase verdrängt. Durch die Zufuhr einer großen Gasmenge entsteht ein unter sehr geringem Druck stehender Expansionsraum, der für die Druckgasmodulation in der nachfolgenden zweiten Reinigungsphase erforderlich ist und für die erwünschten hohen Fließgeschwindigkeiten der in dieser Phase erzeugten Wasserblöcke sorgt.

[0017] In einer sich anschließenden Reinigungsphase erfolgt eine modulierende Druckgaszufuhr, was neben dem soeben beschriebenen ersten Verfahrensschritt zur Schaffung eines Expansionsraums ein weiteres neues, erfindungswesentliches Merkmal darstellt. Bei der modulierenden Druckgaszufuhr wird die Leitung mit einem Druckimpuls beaufschlagt, wodurch in der Leitung aus der Flüssigkeitsrestmenge kleine "Miniwasserblöcke" entstehen, die mit hoher Geschwindigkeit durch die Leitung getrieben werden. In 10 Sekunden kann damit beispielsweise eine Strecke von 200 Meter zurück gelegt werden. Der beaufschlagende Druck wirkt dabei dem sehr geringen Druck des in der Vorbereitungsphase geschaffenen Expansionsraums entgegen. Unmittelbar nach Beaufschlagung der Leitung mit Gas und der damit verbundenen Beschleunigung der in der Leitung erzeugten "Miniwasserblöcke", wird der Druck unter Berücksichtigung der Rohrleitungsparameter nachgeregelt, indem die Leitung mit wenigstens mit dem gleichen, vorzugsweise einem höheren Druck beaufschlagt wird. Dieses Nachregeln generiert im Inneren der Leitung einen weiteren Beschleunigungseffekt auf die Miniwasserblöcke, die in Form von Paketen bestehend aus zwei oder mehreren Miniwasserblöcken und dazwischen eingeschlossenen Gasblöcken bestehen. Im Verlauf der Reinigungsstrecke lässt die Fließgeschwindigkeit der Miniblöcke nach. Durch das Nachregeln der Druckgaszufuhr prallen nachfolgende Miniwasserblöcke mit hoher Geschwindigkeit auf die eingeschlossenen Gasblöcke und schließlich auf das expandierte Gasvolumen in der Leitung. Die eingeschlossenen Gasblöcke entspannen und beschleunigen dadurch die vorausseilenden Miniwasserblöcke erneut auf hohe Geschwindigkeiten. Die modulierende Druckgaszufuhr kann weitere Wasserblöcke generieren, die den zuvor erzeugten Miniblöcken mit hoher Geschwindigkeit folgen und für weiteren Vortrieb

sorgen. Der im ersten Verfahrensschritt durch die Gasbefüllung der Leitung erzeugte Expansionsraum, bei dem die Flüssigkeit in der Leitung verdrängt wird, schafft somit die Voraussetzung für die anschließende hohe Wasserbewegung in der Leitung während der Reinigungsphase.

[0018] Im weiteren Verlauf entleert sich die Rohrleitung an dem Ausspeisungspunkt, der Druck kann sich in der Leitung abbauen (Entspannungsphase) und die Leitung wird erneut mit Flüssigkeit gefüllt.

[0019] Dieser Zyklus bestehend aus Reinigungsphase und Entspannungsphase wiederholt sich mehrmals, bis die Leitung frei von Ablagerungen ist. Je nach Rohrleitungsparameter genügen hierfür häufig 5 bis 7 Zyklen.

[0020] Die modulierende Druckgaszufuhr erfolgt vorzugsweise über ein sich schnell öffnendes und schließendes Regelventil, beispielsweise aus einem Druckbehälter (z.B. mit einem Druck von 10 - 20 bar). Die Druckeinstellung berücksichtigt die Rohrleitungsparameter. Der Druck für den ersten Druckimpuls beträgt bei den üblichen Nennweiten und Reinigungsstrecken vorzugsweise 3 bar bis 7 bar. Die Nachregelung erfolgt mindestens mit demselben Druck, ist jedoch vorzugsweise höher als der erste Druckimpuls, um dem expandierenden Gasvolumen in der Leitung und damit dem Gegendruck entgegen zu wirken.

[0021] Dabei ist es wesentlich, dass sich der durch den ersten Druckimpuls erzeugte Druck nicht vollständig abbauen darf, d.h. der zweite Druckimpuls erfolgt vorzugsweise unmittelbar nach dem ersten Druckimpuls, bevorzugt nachdem der Druck gegenüber der ersten Druckspitze vorzugsweise zwischen 10 und 20 %, jedoch nicht mehr als 50 % abgesunken ist.

[0022] In der nachfolgenden Entspannungsphase wird der Druck im Rohrleitungsabschnitt abgebaut, indem Gas und Flüssigkeit an der Ausspeisungsstelle austreten. Der Rohrleitungsabschnitt enthält am Ende der Reinigungsphase nur noch wenig Wasser. Infolge der Entspannung der Leitung lässt der durch die modulierende Druckgaszufuhr erzeugte Vortrieb der Miniwasserblöcke nach.

[0023] Bei den bekannten Verfahren muss der Druckluftimpuls einen bereits in der Rohrleitung befindlichen großen Wasserblock verdrängen. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren jedoch bilden sich erst dann Wasserblöcke, wenn der erste Druckluftstoß über die Wasseroberfläche der teilgefüllten Rohrleitung gelangt; die Druckluft zieht und drückt das Wasser aus der teilgefüllten Leitung in einer Welle heraus. Durch die Druckgasmodulation wird somit eine dynamische Reihe von Luft- und Wasserblöcken innerhalb der Reinigungsphase erzeugt. Dabei wird eine Dynamik erzeugt, die dadurch zustande kommt, dass durch den zweiten (oder weiteren) Druckstoß innerhalb der Reinigungsphase die Wasserblöcke mit variierenden Geschwindigkeiten durch die Rohrleitung wandern. Infolge der Modulation beschleunigt der zweite bzw. jeder weitere Druckstoß den ersten vorauswandernden kleineren Miniwasserblock innerhalb

der sich bildenden Reihe aus Wasser- und Gasblöcken. Dieser Miniwasserblock stößt auf den folgenden Luftblock, der nach Kompression und Dekompression dann den Impuls an den nächsten Wasserblock weiter gibt. Das Nachregeln ist daher wie ein "Nachbrenner" zu verstehen, der für zusätzlichen und für den Reinigungserfolg erforderlichen Vortrieb der Wasserblöcke sorgt.

[0024] Vorzugsweise wird bei der modulierenden Druckgaszufuhr in dem teilgefüllten Rohrleitungsabschnitt in Abhängigkeit vom Leitungsdurchmesser und -länge ein Druckimpuls von vorzugsweise 3 bis 7 bar gegeben. Nach kurzzeitigem Absinken des Druckes wird erneut auf mindestens denselben Druck, vorzugsweise einem höheren Druck nachgeregelt. Dieses Absinken und Nachregeln im Rahmen der modulierenden Druckgaszufuhr lässt sich entsprechend den örtlichen Verhältnissen mehrmals in unterschiedlicher Intensität durchführen und ist verantwortlich für die erzeugten hohen Fließgeschwindigkeiten. Die modulierende Druckgaszufuhr und die Schaffung des Expansionsraumes in der Vorbereitungsphase ermöglicht Fließgeschwindigkeiten in der Leitung von mehr als 15 m/Sek. Die Amplitude und die Länge der beiden Druckimpulse in der Reinigungsphase sind vorzugsweise so gewählt, dass die Fließgeschwindigkeit der generierten Wasserblöcke in der Leitung wenigstens 15m/Sek., vorzugsweise wenigstens 20 m/Sek. beträgt.

[0025] Durch die Druckgasmodulation ist es möglich zu Beginn der Reinigung gering haftende Ablagerungen zu entfernen und anschließend fester haftende Ablagerungen zu mobilisieren und auszutragen.

[0026] Die Laufzeit des Druckimpulses ist abhängig von der Länge der Spülstrecke, sie gibt jedoch einen Hinweis auf die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erreicht werden kann. Ausgehend von der maximalen Fließgeschwindigkeit sowie der erforderlichen Mindestfließgeschwindigkeit und der Zeit zur Änderung kann die Schleppspannung (Tau) berechnet werden. Die Schleppspannung ist eine in experimentellen Untersuchungen ermittelte Größe, welche die Kraft des Wassers pro Flächeneinheit des untersuchten Leitungsabschnittes angibt, um Sedimente zu mobilisieren, nach vorne zu bringen und aus der Rohrleitung auszutragen. Wie in dem nachfolgenden Experiment erläutert, wird eine Schleppspannung Tau bezogen auf eine Rohrleitung mit DN80 bei einer Fließgeschwindigkeit von > 10 m/Sek. und wenigstens 200 N/m² betragen.

[0027] In der sich anschließenden Entspannungsphase wird der Rohrleitungsabschnitt mit frischem Wasser über die Einspeisungsstelle wieder teilgefüllt, bis ein weiterer Druckluftimpuls folgt und einen neuen Zyklus einleitet. Das erfindungsgemäße Verfahren kombiniert somit eine erhöhte Reinigungsleistung mit verringertem Wasserbedarf bei gleichzeitig verringertem Spülwasseranfall. Bei Bedarf kann zusätzlich eine Injektion mit einer Feststoffkomponente, vorzugsweise einem Salz oder Trockeneis, in der Leitung erfolgen, was zu einer ver-

stärkten Abrasion der Ablagerungen führt.

[0028] Wesentlich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist somit, dass die Druckblase in der Vorbereitungsphase die Leitung überwiegend ausfüllt und die Spülstrecke bis auf eine Flüssigkeitsrestmenge teilentleert, um den Expansionsraum für die nachfolgend erzeugten Wasserblöcke zu schaffen. Damit überwiegt das Gasvolumen deutlich über der Flüssigkeitsmenge in der Leitung; das Verfahren arbeitet mit einem geringen Flüssigkeitsvolumen.

[0029] Die Erfindung wird in den nachfolgenden Zeichnungen und den hier vorgestellten Untersuchungen und Experimenten näher erläutert.

[0030] Zur Untersuchung der Wirksamkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens und zur Ermittlung der für die Reinigungswirkung verantwortlichen physikalischen Größen wurde eine Rohrleitung mit einer Länge von 50 m aufgebaut. In einem Abschnitt wurden künstliche Ablagerungen in die Leitung eingebracht. Dabei handelt es sich um Stahlpartikel, die sowohl unterschiedlich geometrisch ausgeformt als auch verschieden groß sind, beispielsweise Stahlkies. Zur Simulation der Haftung dienen unterschiedlich starke Magnete, die außerhalb der Rohre angeordnet sind. Die Stahlpartikel haften in dem Bereich des Rohrabschnittes, in dem sich die Magnete befinden. Stahlkies erzeugt an der Innenwand der Rohrleitung an Flechten erinnernde Gebilde. Die Haftkraft lässt sich anhand der bekannten Magnete somit genau feststellen. In einem weiteren Experiment wurden Rohre mit "echten" Ablagerungen für die Durchführbarkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens eingesetzt.

[0031] Zur Ermittlung des Druckverlaufes wurden an der 50 m langen Rohrleitung in Abständen von jeweils 5 m Drucksensoren eingebaut. Mit den verwendeten Drucksensoren konnten in 0,1 Sekundenabschnitten Messungen durchgeführt und der Druckverlauf während der Reinigung verfolgt werden. Ein Durchflussmesser sorgt vor einem Rückflussverhinderer dafür, dass der Wasserbedarf gemessen und der zeitliche Verlauf ermittelt werden kann. Die Durchflussmessung kann ebenfalls in 0,1 Sekundenabständen registriert werden.

[0032] In Abb. 1 ist der Druckverlauf während der Reinigungsphase beim ersten Drucksensor (01) unmittelbar an der Einspeisungsstelle sowie am letzten Sensor (11) unmittelbar vor dem Ausspeisungspunkt dargestellt. Der Druckverlauf während der Vorbereitungsphase ist nicht dargestellt; in dieser Phase wurde die Leitung teilentleert und mit einem großen Gasvolumen zur Schaffung eines Expansionsraums ausgefüllt. In der Abb. 1 erkennt man sieben Zyklen mit Druckimpulsen, welche die Leitung in Reihe durchwandern. Die Dauer eines Zyklus beträgt bei diesem Beispiel 15,4 Sekunden. Dies ist auch die Frequenz, bei der die Zyklen aufeinander folgen. Jeder Druckimpuls kann über den an den Drucksensoren gemessenen Druckverlauf wiederum in drei Phasenabschnitte I bis III unterteilt werden.

[0033] In dem ersten Phasenabschnitt I, welcher der Reinigungsphase entspricht, erfolgt eine Beaufschlagung

der in der Vorbereitungsphase teilentleerten Leitung mit einem Druckimpuls mit hohem Druck vor der Einspeisungsstelle. Dies führt zur Bildung von Miniwasserblöcken, die mit hoher Fließgeschwindigkeit durch die Leitung getrieben werden, ohne dass der Ruhedruck der Rohrleitung überschritten wird. Unmittelbar nach Beaufschlagung des Druckimpulses wird die Druckgaszufuhr mit gleichem oder höherem Druck nachgeregelt. Der letzte Miniwasserblock komprimiert die Luftblase zum vorausseilenden Miniwasserblock und gibt weiteren Vortrieb. Je nach Einstellung können sich auch weitere neue Miniwasserblöcke bilden, die mit hoher Geschwindigkeit die Luft zum vorausseilenden Miniwasserblock komprimieren und ihn danach beschleunigen. Dadurch sind Reinigungsstrecken von mehreren hundert Metern ohne Weiteres möglich. Bedarfsweise werden mehrere Druckimpulse in die Leitung während der Reinigungsphase beaufschlagt. Nach dem Entspannen der Leitung fließt Wasser über die Einspeisungsstelle nach und der Zyklus beginnt erneut.

[0034] Am Ende der Reinigungsphase kommt es zum Nachfließen von Flüssigkeit unter vermindertem Druck, die den Rohrleitungsabschnitt bis etwa zu einem Drittel seines Volumens füllt, wobei vorzugsweise mehr als 67%, bevorzugter mehr als 75%, bevorzugter mehr als 90% der Leitung mit Luft gefüllt bleiben. Wegen der Teilfüllung der Leitung herrscht bis zum nächsten Druckluftimpuls praktisch kein Druck im Rohrleitungsabschnitt.

[0035] Die Korrelation des Druckverlaufes am ersten Drucksensor mit dem Verlauf des Volumenstroms am Durchflussmesser belegt, dass in dem ersten Phasenabschnitt I kein Wasser in den Rohrleitungsabschnitt einströmen kann (vgl. Abb. 3). Im Verlauf des zweiten Phasenabschnittes II baut sich der Druck im Rohrleitungsabschnitt ab und frisches Wasser beginnt einzuströmen. Im dritten Phasenabschnitt III ist der festgelegte Volumenstrom des einströmenden Wassers erreicht. Es bildet sich ein sehr geringer Druck durch Füllen des Rohrleitungsvolumens aus.

[0036] Der Druckverlauf während der Entspannungsphase, d.h. der zweiten und dritten Phasenabschnitte II-III, ist bei sämtlichen Drucksensoren nahezu gleich. Dies ist beim ersten Phasenabschnitt I deutlich anders. Hier verläuft die Druckspitze des maximalen Druckes am letzten Sensor zeitversetzt zum ersten Sensor. In der Versuchsanlage beträgt der Abstand vom ersten zum letzten Sensor 50 m. Die Laufzeit der Impulse entspricht der Zeitdifferenz des Maximaldrucks zwischen dem letzten und dem ersten Sensor. Der Abstand der Sensoren dividiert durch die Laufzeit ergibt die Geschwindigkeit des Impulses und damit Aufschluss über die Fließgeschwindigkeit. Die Fließgeschwindigkeit der Impulse ist eine wichtige Größe zur Beurteilung der Wirksamkeit beim Reinigen von Rohrleitungen. Durch diesen Parameter und vor allem durch die Änderung der Fließgeschwindigkeit mit der Zeit errechnet sich die Schleppspannung Tau.

[0037] Normalerweise ist die Fließgeschwindigkeit

des einströmenden Wassers beim Reinigen bestehender Rohrleitungsabschnitt nicht messbar. Drucksensoren an der Einspeisungsstelle und am Ausspeisungspunkt ermöglichen jedoch die Messung basierend auf dem Druckverlauf.

Dies lässt sich auf reale Rohrleitungen oder Abschnitte in Rohrnetzen übertragen. Somit kann bei bekannter Länge des Rohrleitungsabschnittes über eine Druckmessung die Fließgeschwindigkeit und schließlich die Schleppspannung ermittelt werden.

[0038] Die Steuerung der Druckluftzufuhr beeinflusst den Druckverlauf in der Rohrleitung. Die modulierende Druckluftzufuhr treibt mehrere, kurz hintereinander folgende Luft-/Wasserblöcke mit Fließgeschwindigkeiten von mehr als 15 m/Sek. während der Reinigungsphase durch den Rohrleitungsabschnitt. Dies ist beispielhaft in der Abb. 1 dargestellt. Hierbei wurde in einem praktisch drucklosen, teilgefüllten Rohrleitungsabschnitt in dem gezeigten Beispiel ein Druckimpuls von 3 bar gegeben. Nach kurzzeitigem Absinken des Druckes wurde erneut auf 3 bar nachgeregelt. Die Laufzeit des Druckimpulses in Abb. 1 dauert 2,9 Sek. Daraus ergibt sich eine Fließgeschwindigkeit von 17,2 m/Sek. Anhand der Fließgeschwindigkeit kann die Schleppspannung τ berechnet werden. Bei der herkömmlichen Wasserspülung können Fließgeschwindigkeiten von etwa 3,7 m/Sek. realisiert werden. Eine Extrapolation der Fließgeschwindigkeit anhand des Kurvenverlaufes zeigt, dass beispielsweise bei einer Fließgeschwindigkeit von 8 m/Sek. eine Schleppspannung von etwa 200 N/m² erreicht wird (vgl. Abb. 4). Die Fließgeschwindigkeit des Wassers in der teilgefüllten Rohrleitung vor der Reinigungsphase ist nahezu Null. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren übertrifft die Schleppspannung diejenige einer herkömmlichen Wasserspülung um mehr als das 10-fache (vgl. Abb. 4).

[0039] In der Abb. 4 ist die Schleppspannung der Wasserblöcke während der Reinigung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren im Vergleich zur Schleppspannung bei der Wasserspülung gezeigt. Ein Faktor für die wesentlich höhere Schleppspannung ist die Beschleunigungskomponente, bei der die Flüssigkeit von 0 m/Sek. bis auf die maximale Fließgeschwindigkeit v in m/Sek. innerhalb von 0,1 Sekunden beschleunigt wird. Bei den im erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Fließgeschwindigkeiten von > 18 m/Sek. sind somit Schleppspannungen von mehr als 7000 N/m² möglich, was eine hervorragende Reinigungsleistung bescheinigt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Entfernung von Ablagerungen und/oder Biofilmen in einer Rohrleitung, bei dem vor der Spülstrecke an einer Einspeisungsstelle eine mittels Druckimpulsen zu erfolgende Beaufschlagung der zumindest teilweise mit Flüssigkeit gefüllten Leitung mit einem Gas oder Gasgemisch durch-

geführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer ersten Vorbereitungsphase die Leitung mit einem leitungsausfüllenden Gas oder Gasgemisch bis auf eine Flüssigkeitsrestmenge zur Schaffung eines Expansionsraums teilentleert wird, wobei die in die Leitung beaufschlagte Druckgasblase in der Vorbereitungsphase das Volumen der Spülstrecke nahezu vollständig einnimmt, und in einer sich anschließenden zweiten Reinigungsphase eine modulierende Druckgaszufuhr erfolgt, bei der das Gas oder Gasgemisch über wenigstens einen Druckimpuls mit hohem Druck in die Leitung beaufschlagt wird, wodurch sich Miniwasserblöcke in der Leitung bilden, die mit hoher Geschwindigkeit durch die Leitung getrieben werden und bei der die Druckgaszufuhr nach kurzzeitigem Absinken des durch den Druckimpuls aufgebauten Druckes in der teilentleerten Leitung unmittelbar darauf mit dem selben oder einem höheren Druck nachgeregelt wird, wodurch sich erneut Wasserblöcke bilden können, die mit hoher Geschwindigkeit auf die vorausseilenden Miniwasserblöcke prallen, welche dadurch einen zusätzlichen Vortrieb erhalten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Leitung in einer sich anschließenden Phase entspannt und der Rohrleitungsabschnitt während dieser Entspannungsphase mit neu gespeister Flüssigkeit über die Einspeisungsstelle wieder befüllt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nachregelung bei der modulierenden Druckgaszufuhr in der Reinigungsphase mit einem höheren Druck erfolgt, als der Druck des ersten Druckimpulses.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckgaszufuhr und deren Nachregelung in der Reinigungsphase so gewählt sind, dass die Fließgeschwindigkeit der erzeugten Wasserblöcke in der Leitung wenigstens 15 m/Sek., vorzugsweise wenigstens 20 m/Sek. beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reinigungsstrecke zur Bildung des Expansionsraums in der teilentleerten Leitung vor der Reinigungsphase mit mehr als 67%, bevorzugter 75%, bevorzugter 90% mit dem Gas oder Gasgemisch gefüllt ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beaufschlagungsdruck und dessen Nachregelung in der Reinigungsphase zwischen 3 und 7 bar beträgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche

che, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nachregelung des Druckes während der Reinigungsphase dann erfolgt, wenn der Druck des ersten Druckimpulses zwischen 10 und 50 %, vorzugsweise zwischen 10 und 20 % abgesunken ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laufzeit des Druckimpulses in der Reinigungsphase bei einer Spülstrecke von 50 m zwischen 2 und 4 Sek. beträgt. 10
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleppspannung τ bezogen auf eine Rohrleitung mit DN80 bei einer Fließgeschwindigkeit von > 10 m/Sek. wenigstens 4000 N/m² beträgt. 15
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** neben der Druckgasbehandlung zusätzlich eine Injektion mit einer Feststoffkomponente, vorzugsweise einem Salz oder Trockeneis in die Leitung erfolgt. 20
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich die Fließgeschwindigkeit und Schleppspannung ermittelt wird, indem bei bekannter Länge des Reinigungsabschnittes eine synchrone Druckmessung an der Einspeisungs- und Ausspeisungsstelle erfolgt. 25 30

Claims

1. A method for removal of debris and/or biofilms in a tube, in which an application with a gas or a mixture of gases by means of pressure impulses of the at least partially with liquid filled tube takes place at the beginning of a rinsing path at an injection site, **characterized in that** in a first preparation phase, the tube is partially depleted with a gas or a mixture of gases that fills out the tube while leaving a residual liquid volume, whereby an expansion room is created, wherein a pressure gas bubble applied to the tube in the preparation phase occupies the volume of the rinsing path nearly completely, and wherein in a subsequent second cleaning phase, a modulated pressure gas is supplied in which the gas or mixture of gases is applied with at least one pressure impulse at high pressure into the tube, whereby mini water blocks are formed in the tube that migrate through the tube with high velocity and in which the pressure gas supply in the partially depleted tube is regulated instantaneously with the same or a higher pressure following momentary decrease in pressure generated by the pressure impulse, whereby further water blocks can be formed that collide with the preceding mini water blocks at high velocity, thereby causing

an additional forward drive.

2. The method according to claim 1, **characterized in that** the tube is released in a subsequent phase and wherein the tube section is filled with newly supplied liquid over the injection site. 5
3. The method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the modulated pressure gas supply in the cleaning phase is re-adjusted with a pressure that is higher than the pressure of the first pressure impulse. 10
4. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** the pressure gas supply and its re-adjustment in the cleaning phase are adjusted accordingly so that the flow velocity of the generated water blocks in the tube is at least 15 m/sec, preferably at least 20 m/sec. 15
5. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** the cleaning distance for the generation of an expansion room in the partially depleted tube prior to the cleaning phase is filled by 67 %, preferably by more than 75 %, preferably by more than 90 % with the gas or the mixture of gases. 20
6. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** the applied pressure and its re-adjustment in the cleaning phase varies between 3 and 7 bar. 25
7. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** the pressure during the cleaning phase is re-adjusted if the pressure of the first pressure impulse is decreased between 10 and 50 %, preferably between 10 and 20 %. 30
8. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** the running time of the pressure impulse in the cleaning phase for a rinsing distance of 50 m is between 2 and 4 seconds. 35
9. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** the tractive stress τ relative to a tube with DN80 at a fluid velocity of > 10 m/sec. is at least 4000 N/m². 40
10. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** a solid matter component, preferably a salt or dry ice, is additionally injected in addition to the application of pressure gas into the tube. 45
11. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** the fluid velocity and the tractive stress are additionally determined by

synchronously measuring the pressure at the injection site and output site at a given length of the tube section.

Revendications

1. Procédé pour éliminer des dépôts et/ou des biofilms dans une conduite, lequel consiste à appliquer, avant la section de rinçage, à un point d'alimentation, au moyen d'impulsions de pression, un gaz ou un mélange de gaz dans la conduite partiellement remplie de liquide, **caractérisé en ce que**, dans une première phase de préparation, la conduite est partiellement vidée avec un gaz ou un mélange de gaz remplissant la conduite jusqu'à une quantité résiduelle de liquide pour créer une chambre d'expansion, la bulle de gaz sous pression appliquée dans la conduite occupant presque entièrement le volume de la section de rinçage dans la phase de préparation, et que, dans une deuxième phase de nettoyage consécutive, une amenée de gaz sous pression modulant est effectuée, lors de laquelle le gaz ou le mélange de gaz est appliqué sous haute pression dans la conduite au moyen d'au moins une impulsion de pression, de sorte qu'il se forme dans la conduite des mini-blocs d'eau qui sont propulsés à grande vitesse à travers la conduite et lors de laquelle, après diminution temporaire de la pression créée par l'impulsion de pression dans la conduite partiellement vidée, l'amenée de gaz sous pression est immédiatement réajustée à la même pression ou à une pression supérieure, de sorte qu'il peut de nouveau se former des blocs d'eau qui percutent à grande vitesse les mini-blocs d'eau précédents, lesquels acquièrent de ce fait une propulsion supplémentaire.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, dans une phase consécutive, la conduite se détend et, pendant cette phase de détente, la portion de conduite est de nouveau remplie avec du liquide alimenté par le point d'alimentation.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le réajustement effectué lors de l'amenée de gaz sous pression modulant dans la phase de nettoyage a lieu à une pression plus élevée que la pression de la première impulsion de pression.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'amenée de gaz sous pression et son réajustement dans la phase de nettoyage sont choisis de façon que la vitesse d'écoulement des blocs d'eau produits dans la conduite soit d'au moins 15 m/sec, de préférence d'au moins 20 m/sec.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la section de nettoyage servant à former la chambre d'expansion dans la conduite partiellement vidée avant la phase de nettoyage est remplie à plus de 67 %, de préférence à 75 %, de préférence à 90 % du gaz ou du mélange de gaz.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pression d'application et son réajustement dans la phase de nettoyage sont compris entre 3 et 7 bars.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le réajustement de la pression pendant la phase de nettoyage est effectué lorsque la pression de la première impulsion de pression a diminué de 10 à 50 %, de préférence de 10 à 20 %.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le temps de parcours de l'impulsion de pression dans la phase de nettoyage est compris entre 2 et 4 sec dans une section de rinçage de 50 m.
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la force d'entraînement tau rapportée à une conduite de diamètre nominal 80 à une vitesse d'écoulement > 10 m/sec est d'au moins 4000 N/m².
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** en plus du traitement au gaz sous pression, un composant solide, de préférence un sel ou de la neige carbonique, est injecté dans la conduite.
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la vitesse d'écoulement et la force d'entraînement sont déterminées en plus en effectuant une mesure synchrone de la pression au point d'alimentation et au point de soutirage, la longueur de la portion de nettoyage étant connue.

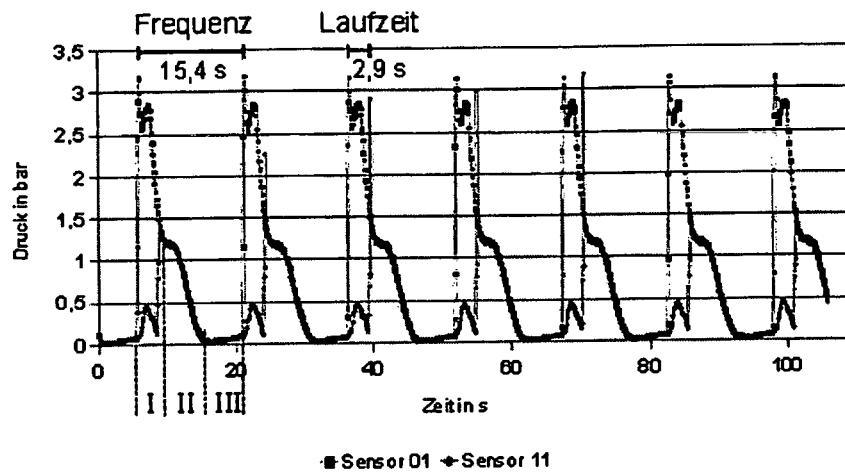


Abb. 1

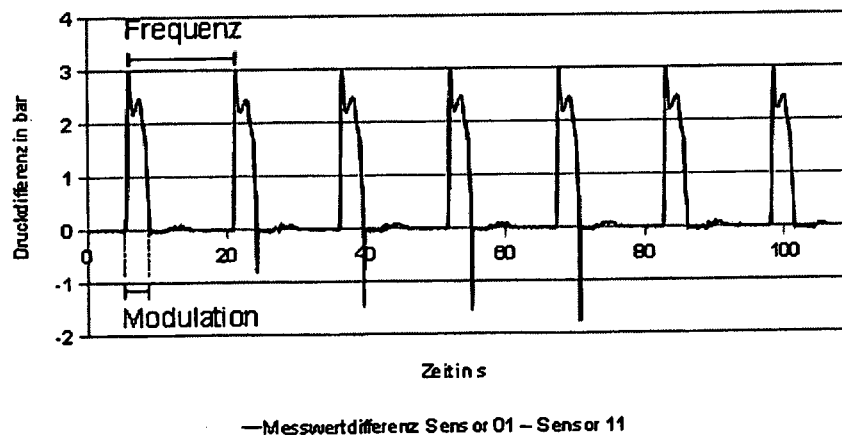


Abb. 2

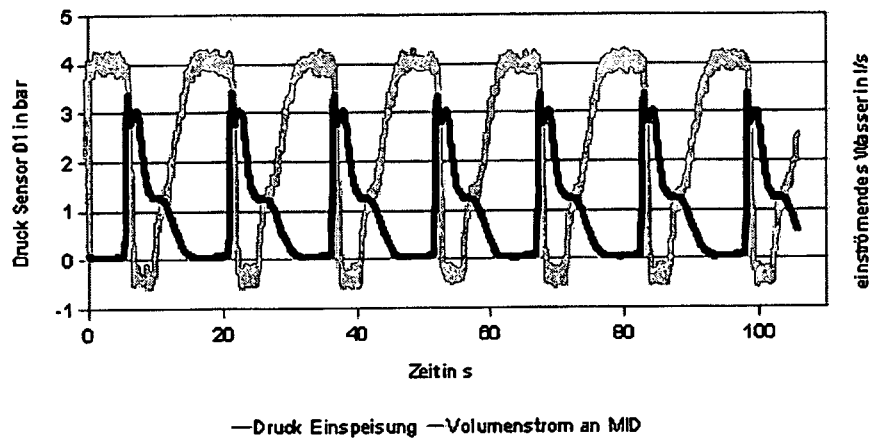


Abb. 3

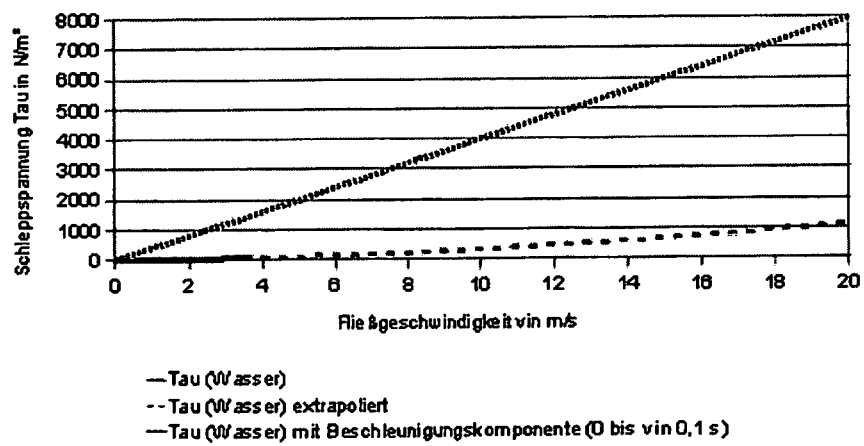


Abb. 4

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 PS67368 C [0002]
- DE 10204737 A1 [0003]
- DE 3722549 A1 [0004]
- DE 3502969 A1 [0005]
- DE 4438939 C2 [0006]
- EP 0634229 A1 [0006]
- US 20050137104 A1 [0006]
- EP 1027175 B1 [0007]
- DE 102010013167 A1 [0008]
- DE 102008056523 A1 [0008]
- DE 102008056522 A1 [0008]
- DE 102008048710 A1 [0008]
- US 2008210262 A1 [0011]