(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 701 030 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
20.05.1998 Patentblatt 1998/21

(51) Int Cl.[6]: **E03F 1/00**

(21) Anmeldenummer: **95113805.6**

(22) Anmeldetag: **02.09.1995**

(54) **Unterdruck-Entwässerungssystem**

Vacuum drainage system

Système de drainage sous vide

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE DE ES FR GB GR IE IT PT

(30) Priorität: **03.09.1994 DE 4431486**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.03.1996 Patentblatt 1996/11

(73) Patentinhaber: **Roediger Anlagenbau GmbH**
D-63450 Hanau (DE)

(72) Erfinder: **Roediger, Markus, Dr.**
D-63755 Alzenau (DE)

(74) Vertreter:
Stoffregen, Hans-Herbert, Dr. Dipl.-Phys.
Patentanwalt
Postfach 21 44
63411 Hanau (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 444 646
EP-A- 0 570 739
AU-B- 412 297
DE-A- 2 637 962
DE-A- 3 616 747

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents 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).

EP 0 701 030 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Unterdruck-Entwässerungssystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Entsprechende Anlagen bzw. Systeme werden z.B. in Bereichen eingesetzt, in denen eine geringe Siedlungsdichte vorherrscht, kein für eine konventionelle Freispiegelentwässerung ausreichendes natürliches Gefälle vorhanden ist, wo nur zeitweilig Schmutzwasser anfällt, wie z.B. in Feriensiedlungen, oder wo Wasserschutzgebiete zu durchqueren sind. Außerdem hat sich ein Einsatz bewährt, wo die Untergrundverhältnisse ungünstig sind, z.B. in Gebieten mit hohem Grundwasserstand.

Unterdruck-Entwässerungssysteme werden vorwiegend als reine Schmutzwasser-Kanalisationen eingesetzt, d.h. Regenwasser wird normalerweise nicht in sie eingeleitet. Demzufolge ist der tägliche Schmutzwasseranfall ungefähr gleich dem täglichen Wasserverbrauch.

Das Schmutzwasser fließt üblicherweise in freiem Gefälle von angeschlossenen Gebäuden in Schmutzwassersammelräume. Das Volumen dieser Sammelräume ist ausreichend groß, um als Notstauraum zu dienen für den Fall, daß der Betrieb des Unterdruck-Entwässerungssystems unterbrochen ist. Die Sammelräume sind mit dem Unterdruckkanal über normalerweise geschlossene Absaugventile verbunden. Sobald sich eine bestimmte Schmutzwassercharge im Sammelraum angesammelt hat, aktiviert ein Füllstandsgeber eine Steuerung, die das Ventil für eine bestimmte Dauer öffnet. Die Schmutzwassercharge und ein Luftvolumen, das normalerweise mehrfach größer ist als die Schmutzwassercharge, wird durch das geöffnete Absperrventil zum Unterdruckkanal eingesaugt. Dabei kann die Luft entweder gleichzeitig mit oder nach dem Schmutzwasser eingesaugt werden. Schmutzwasser und Luft strömen den Unterdruckkanal entlang zu einem Unterdruckbehälter einer Unterdruckstation. In dem Unterdruckbehälter wird über zumindest eine Unterdruckquelle, z.B. eine Vakuumpumpe, ein bestimmter Unterdruck aufrechterhalten. Gesteuert vom Füllstand des Schmutzwassers in dem Behälter wird das Schmutzwasser aus dem Behälter weggefördert, z.B. zu einer Kläranlage. Hierfür werden üblicherweise Schmutzwasserpumpen eingesetzt.

Unterdruckkanäle werden nach einem bestimmten Höhenprofil verlegt, wobei systematisch Hoch- und Tiefpunkte angeordnet werden. Wenn keine Luft strömt, d. h. wenn das System in Ruhe ist, sammelt sich Schmutzwasser an den Tiefpunkten. Wenn stromaufwärts ein Absaugventil geöffnet wird, strömt Luft im Unterdruckkanal in Richtung Unterdruckstation und treibt Schmutzwasseransammlungen von den Tiefpunkten über die nächsten Hochpunkte. Das Höhenprofil soll derart ausgebildet sein, daß eine gute Impulsübertragung vom Luftstrom auf das Schmutzwasser erreicht wird. Dieser Impuls dient dazu, das Schmutzwasser mit ausreichender Geschwindigkeit im Unterdruckkanal zu fördern, so daß Feststoffablagerungen durch turbulente Strömung aufgewirbelt werden. Eine Mindestgeschwindigkeit von 0,7 m/s muß dabei von Zeit zu Zeit erreicht werden. Die Luft überholt das Schmutzwasser in abwärts geneigten Abschnitten des Unterdruckkanals und treibt das Schmutzwasser, das sich am nächstfolgenden Tiefpunkt angesammelt hat, über den nächstfolgenden Hochpunkt.

Insgesamt ansteigende Abschnitte des Unterdruckkanals werden derart ausgebildet, daß die Höhendifferenz zwischen den Hochpunkten und nachfolgenden Tiefpunkten geringer ist als diejenige zwischen den Tiefpunkten und nachfolgenden Hochpunkten.

Entlang des Unterdruckkanals bildet sich ein Druckgradient aus, zum einen hydrostatisch infolge von Wasserverschlüssen an den Tiefpunkten und zum anderen hydrodynamisch infolge von Beschleunigungs- und Reibungskräften. Die Gesamtlänge und die geodätische Höhendifferenz von Unterdruckkanälen ist durch die zwischen den stromaufwärtigen Strangenden und der Unterdruckstation verfügbare Druckdifferenz beschränkt. Diese liegt üblicherweise in der Größenordnung von 40 kPa. Je größer das Volumenverhältnis von angesaugter Luft (im Normzustand) und angesaugten Schmutzwasser, das sogenannte Luft/Wasser-Verhältnis ist, desto mehr Energie steht für den Transport des Schmutzwassers zur Verfügung. Andererseits erfordert ein hohes Luft/Wasser-Verhältnis eine entsprechend große Leistung der Unterdruckerzeuger in der Unterdruckstation und große Durchmesser der Unterdruckkanäle und bedingt einen hohen Energieverbrauch. Unterdruck-Entwässerungssysteme sollten deshalb so geplant werden, daß die Druckverluste gering bleiben. Bei der Planung sind sowohl die hydrostatischen Verluste infolge von Wasserverschlüssen, als auch die hydrodynamischen Verluste infolge von Beschleunigung und Reibung zu berücksichtigen.

Ein Unterdruck-Entwässerungssystem der eingangs genannten Art ist aus der AU-B-412 297 bekannt. So ist den Fig. 12 und 13 ein Höhenprofil mit einem großen und einem kleinen Volumen für Schmutzwasseransammlungen in den Tiefpunkten zu entnehmen.

Die meisten in Deutschland eingesetzten Unterdruck-Entwässerungssysteme haben ein Höhenprofil mit in Abständen von 10 bis 20 m angeordneten Hoch- und Tiefpunkten. Die Steigungen und Neigungen liegen in der Größenordnung von 1 %, die Höhendifferenz zwischen Tief- und Hochpunkten beträgt in ebenem Gelände ungefähr 10 bis 30 cm. Schmutzwasserchargen von ca. 10 l werden durch Absaugventile mit einem Durchmesser von ca. 50 mm eingesaugt. Dieses Höhenprofil liegt dem Arbeitsblatt A 116 der ATV (Abwassertechnischen Vereinigung) zugrunde.

Bei der Planung eines Unterdruck-Entwässerungssystems muß der ungünstigste Fall berücksichtigt werden, der dann gegeben ist, wenn der Unterdruckkanal

maximal mit Schmutzwasser gefüllt ist. Dieses Fluten kann vorkommen, wenn nur Schmutzwasser und keine Luft eingesaugt worden ist, wenn sich in den Sammelräumen sehr große Schmutzwassermengen angesammelt haben, z.B. nach einer Betriebsunterbrechung des Systems. In diesem ungünstigsten Fall erstrecken sich die Schmutzwasseransammlungen an den Tiefpunkten stromaufwärts bis zu einem Punkt, wo die Rohrsohle ungefähr auf der Ebene des Rohrscheitels am Tiefpunkt liegt. Sie erstrecken sich stromabwärts bis zum nächstfolgenden Hochpunkt.

Beispielsweise soll eine Leitung in ebenem Gelände mit einem Innendurchmesser D von 100 mm betrachtet werden, bei der der Abstand zwischen Hochpunkten und nachfolgenden Tiefpunkten ca. 15 m und der Abstand zwischen den Tiefpunkten und nachfolgenden Hochpunkten ca. 10 m und die Höhendifferenz H jeweils 15 cm beträgt. Das Maximalvolumen der Schmutzwasseransammlungen an den Tiefpunkten beträgt ungefähr 90 l, was einer vollgefüllten Leitungslänge von knapp 12 m entspricht. Die maximale hydrostatische Druckdifferenz entspricht der Höhenlagendifferenz zwischen der Rohrsohle am Hochpunkt und dem Rohrscheitel am Tiefpunkt (H-D = 5 cm) und beträgt 0,5 kPa. Eine verfügbare Gesamtdruckdifferenz von 40 kPa reicht im ungünstigsten Fall gerade aus, um 40 : 0,5 = 80 Tiefpunkte in einem Unterdruckkanal anzuordnen. Damit ist die maximale Länge des Unterdruckkanals auf 80 * (15m + 10m) = 2 km beschränkt. Falls eine geodätische Höhendifferenz zu überwinden ist, ist die Maximallänge entsprechend kürzer.

Die Energie, die erforderlich ist, um diese Schmutzwasseransammlung mit einem Volumen von 90 l auf eine Geschwindigkeit von 1 m/s zu beschleunigen und sie um 15 cm zu heben, beträgt ca. 180 J. Diese Energie entspricht der isothermen Expansionsenergie, die frei wird, wenn 360 l Luft von einem Druck von 70 kPa auf 69,5 kPa entspannt wird, was einem Normvolumen von 250 Nl entspricht.

Die in Deutschland vorwiegend eingesetzten Unterdrucksysteme werden üblicherweise mit Luft/Wasser-Verhältnissen unter 15:1 betrieben. Bei einer Schmutzwassercharge von 10 l beträgt die eingesaugte Luftcharge weniger als 150 Nl. Üblicherweise liegt sie sogar im Bereich zwischen 30 und 100 Nl. Wenn ein System geflutet ist, sind demzufolge die erreichbaren Geschwindigkeiten zu gering, um Schlammablagerungen aufzuwirbeln. Außerdem verhindern diese langsamen Geschwindigkeiten eine rasche Erholung von gefluteten Systemen. Insbesondere ist die Erholung dann langwierig, wenn Absaugventile eingesetzt werden, bei denen das Luft/Wasser-Verhältnis sehr gering oder gar Null wird, wenn die Sammelräume mit Wasser gefüllt sind.

Aus diesen Gründen schreibt das Arbeitsblatt A 116 der ATV eine maximale Stranglänge von 2 km, eine maximale Nennweite von 150 mm und eine Maximalzahl von 500 je Hauptstrang anschließbaren Einwohnern vor.

Das andere Höhenprofil wird vorwiegend in den USA verwendet und ist im Handbuch Nr. 625/1-91/024 der EPA (Environmental Protection Agency) beschrieben. Dabei handelt es sich um ein sägezahnförmiges Höhenprofil. Zwischen den Hochpunkten und den Tiefpunkten beträgt die Neigung mindestens 0,2%. Zwischen den Tiefpunkten und den Hochpunkten beträgt die Steigung üblicherweise 100% und die Steighöhe H zwischen 30 und 60 cm. Das Maximalvolumen der Abwasseransammlungen in einem Unterdruckkanal mit einem Innendurchmesser D von 100 mm beträgt 200 l, was ungefähr einer voll gefüllten Leitungslänge von 25 m entspricht.

Chargenvolumina von ca. 40 l Schmutzwasser werden bei jedem Absaugvorgang durch Absaugventile mit einem Durchmesser von ca. 75 mm eingesaugt. Die Energie, die benötigt wird, um 200 l auf 1 m/s zu beschleunigen und um 30 cm über den nachfolgenden Hochpunkt zu heben, beträgt ca. 700 J. Ein Luftvolumen von ca. 345 l bzw. 240 Nl, das von 70 auf 68 kPa entspannt wird, wäre erforderlich. Das erfordert ein Luft/Wasser-Verhältnis von 6:1, das nicht immer gegeben ist. Außerdem sollten so große Chargenvolumina vermieden werden, um die Gefahr des Anfaulens und von Geruchsemissionen zu vermindern.

Das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problem besteht darin, ein Unterdruck-Entwässerungssystem der zuvor genannten Art so weiterzubilden, daß sie hinsichtlich ihrer Betriebssicherheit, Wirtschaftlichkeit und ihres Energiebedarfes verbessert werden. Geflutete Systeme sollen sich schnell wieder erholen können. Die Maximallänge von Unterdruckkanälen und die Maximalzahl der je Hauptstrang anschließbaren Einwohner soll deutlich über 2 km bzw. 500 liegen. Dauerhafte Schlammanlagerungen in den Unterdruckkanälen sollen auch dann verhindert werden, wenn das Schmutzwasserchargenvolumen, die Absaugventile und/oder das Luft/Wasser-Verhältnis klein ist.

Das Problem wird erfindungsgemäß durch die dem Anspruch 1 zu entnehmenden Maßnahmen gelöst.

Insbesondere ist das Maximalvolumen der Abwasseransammlungen im ersten Abschnitt mindestens ungefähr 3 mal, vorzugsweise mindestens 6 mal kleiner als dasjenige im zweiten Abschnitt.

In Ausgestaltung der Erfindung ist das Höhenprofil I im ersten Abschnitt derart ausgebildet, daß sich die Abwasseransammlungen an den Tiefpunkten maximal 1 bis 3 m stromaufwärts vom Tiefpunkt erstrecken, wohingegen sich die Abwasserportionen im zweiten Abschnitt mehr als 5 m stromaufwärts von den Tiefpunkten erstrecken können. Das Höhenprofil II entspricht dem bekannten und zuvor beschriebenen Sägezahnprofil.

Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, daß es einen grundsätzlichen Unterschied macht, ob in Unterdruckkanälen eine chargenweise oder eine kontinuierliche Förderung erfolgt. Eine chargenweise Förderung erfolgt sogar bei Spitzenschmutzwasseranfall an den stromaufwärtigen Enden der Unterdruckkanäle, wo

stromaufwärts nur wenige Einwohner angeschlossen sind. Es gibt dort Pausen zwischen den Öffnungszeiten der Absaugventile. Eine kontinuierliche Strömung erfolgt zumindest bei Spitzenschmutzwasseranfall dort, wo stromaufwärts ausreichend viele Einwohner angeschlossen sind oder wo periodisch Luft über längere Zeiträume eingesaugt wird, wenn z.B. ein Belüftungsventil stromaufwärts angeschlossen ist und periodisch geöffnet wird.

Die ersten Abschnitte der Unterdruckkanäle erstrecken sich an deren stromaufwärtigen Enden, wohingegen die zweiten Abschnitte an die Unterdruckquelle anschließen. In den ersten Abschnitten wird das Schmutzwasser schubweise von den Tiefpunkten über die Hochpunkte gefördert, wohingegen Schmutzwasser und Luft in den zweiten Abschnitten zumindest bei Spitzenschmutzwasseranfall mehr oder weniger kontinuierlich strömen.

Mit anderen Worten wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, unterschiedliche Höhenprofile zu verwenden. Das erste Höhenprofil I wird in ersten Abschnitten eingesetzt, in der Nähe der stromaufwärtigen Strangenden der Unterdruckkanäle; in diesen ersten Abschnitten, in denen Luft und Schmutzwasser normalerweise stoßartig gefördert werden, ist das Höhenprofil derart ausgebildet, daß sich nur kleine Maximalvolumina Schmutzwasser an den Tiefpunkten ansammeln können, wenn das System in Ruhe ist (d.h. Zustand ohne Strömung); das zweite Höhenprofil II wird in zweiten Abschnitten eingesetzt, stromabwärts von den ersten Abschnitten in Richtung Unterdruckstation, wo Schmutzwasser und Luft zumindest bei Spitzenschmutzwasseranfall mehr oder weniger kontinuierlich strömen; dieses Höhenprofil II ist derart ausgebildet, daß sich im Ruhezustand große Schmutzwasseransammlungen an den Tiefpunkten bilden können.

Bei einer stoßartigen Förderung ist es wesentlich, daß die Schmutzwasseransammlungen an den Tiefpunkten von nachströmender Luft als Pfropfen über den nächsten Hochpunkt geschoben werden. Dabei müssen die Geschwindigkeiten zum Verhindern dauerhafter Schlammansammlungen ausreichen. Das Maximalvolumen der Schmutzwasseransammlungen soll so klein sein, daß auch kleine Luftchargen ausreichen, um hierfür ausreichende Geschwindigkeiten zu erzeugen. Die Schmutzwasseransammlungen sollen den Unterdruckkanal an den Tiefpunkten ganz verschließen oder fast bis zum Scheitel reichen, so daß entweder Wasserverschlüsse gebildet werden oder der für die Luftströmung verbleibende freie Querschnitt oberhalb der Schmutzwasseroberfläche stark eingeengt ist. Dies ist notwendig für eine gute Impulsübertragung von der Luft auf das Schmutzwasser. Starke Einschnürungen der freien Querschnittsfläche führen zu hohen Luftgeschwindigkeiten unmittelbar über der Schmutzwasseroberfläche. Dadurch werden Wellen erzeugt, die den Luftdurchgang blockieren und die Impulsübertragung verbessern. Die je Ventilöffnung eingesaugte Luftmenge soll ausreichend sein, um auf die Schmutzwasseransammlungen so viel Energie zu übertragen, wie erforderlich ist, um die Schmutzwasseransammlungen ausreichend zu beschleunigen und über den nachfolgenden Hochpunkt zu schieben, wenn diese Luftmenge um diejenige hydrostatische Druckdifferenz entspannt wird, die bei mit Schmutzwasser verschlossenen Tiefpunkten vorhanden ist.

Beim Höhenprofil II erfolgt eine kontinuierliche Strömung zumindest bei Spitzenschmutzwasseranfall oder dann, wenn stromaufwärts ein Belüftungsventil geöffnet ist. An den Tiefpunkten, an denen der freie Querschnitt für die Luftströmung vermindert ist, werden bei kontinuierlicher Strömung Wellen mit zum Aufwirbeln von Schlammablagerungen ausreichenden Geschwindigkeiten erzeugt. Die Abwasseransammlungen brauchen nicht vollständig über den Hochpunkt geschoben zu werden, es reicht aus, wenn eine Folge von Wellen über den Hochpunkt geschoben wird. Die Luftgeschwindigkeit muß größer sein als die Wellengeschwindigkeit. Eine Leerrohrgeschwindigkeit der Luft von mindestens 1 m/s ist ausreichend.

Die Abwasseransammlungen an den Tiefpunkten des zweiten Abschnitts können sehr lang sein und sich bis weit stromaufwärts von den Tiefpunkten erstrecken. In einer Leitung mit einem Innendurchmesser D von 100 mm, einem Gefälle von 0,2 % zwischen Hochpunkt und nachfolgendem Tiefpunkt und einer Anstiegshöhe H von über 100 mm können die Abwasserportionen bis zu 50 m lang sein und ein Volumen von ca. 200 1 erreichen. Eine Schubförderung dieses gesamten Volumens ist mit kleinen Luftschüben nicht möglich. Kleine Luftschübe können nur kleine Wellen erzeugen und damit Schlammablagerungen nicht verhindern. Deshalb ist das Höhenprofil II nur dann bzw. dort geeignet, wo eine kontinuierliche Luftströmung vorhanden ist oder wenn große Luftschübe erzeugt werden, z.B. über Belüftungsventile.

Die Gesamtlänge eines erfindungsgemäßen Unterdruckentwässerungssystems ist nicht auf 2 km beschränkt, wie in dem zuvor erwähnten ATV Arbeitsblatt A 116 gefordert. Im ersten Abschnitt mit Höhenprofil I sind die hydrostatischen Verluste zwar relativ hoch und üblicherweise größer als die zum Erreichen einer ausreichenden Strömungsgeschwindigkeit erforderlichen hydrodynamischen Verluste, im zweiten Abschnitt mit Höhenprofil II sind die hydrostatischen Verluste jedoch relativ gering, sogar dann, wenn die Anstiegshöhen H größer sind als der Innendurchmesser D der Leitung. Wenn H-D = 0,2 m ist, ist der hydrodynamische Druckverlust bei einer Schmutzwasserfördergeschwindigkeit von über 1,5 m/s in der Regel geringer als der maximale hydrostatische Druckverlust, solange das Luft/Wasser-Verhältnis über 2:1 liegt, was normalerweise der Fall ist. Die Beschränkungen auf maximal 500 angeschlossene Einwohner je Strang und auf einen maximalen Durchmesser der Leitung von 150 mm sind nur für den ersten Abschnitt mit Höhenprofil I, nicht aber für den zweiten

Abschnitt mit Höhenprofil II gültig. Schlammablagerungen werden durch ausreichende Strömungsgeschwindigkeiten von über 0,7 m/s verhindert, die im ersten Abschnitt jedesmal dann schubweise erreicht werden, wenn ein stromaufwärtiges Absaugventil öffnet, und im zweiten Abschnitt kontinuierlich während des Spitzenschmutzwasserabflusses oder während der Öffnungszeit eines Belüftungsventils erreicht werden.

Vorzugsweise beträgt das Maximalvolumen der Schmutzwasseransammlungen an den Tiefpunkten von Abschnitt I zwischen 5 und 50 l. Zum ausreichenden Beschleunigen auf ca. 1 m/s und Heben über eine Höhe H von 30 cm in einer Leitung mit einem Innendurchmesser D von 100 mm ist eine Energie von 17,5 bis 175 J erforderlich. Hierfür muß eine Luftmenge von 8,5 Nl bis 85 Nl von 70 kPa auf 68 kPa entspannt werden. Unter der Annahme, daß das Schmutzwasserchargenvolumen 10 1 beträgt, ist ein Luft/Wasser-Verhältnis von 0,9: 1 bis 9:1 erforderlich.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird Höhenprofil I derart ausgebildet, daß der Tiefpunkt in einem U-förmigen Rohrsabschnitt mit zwei unterschiedlich langen Schenkeln liegt, wobei der längere Schenkel den Tiefpunkt mit dem nachfolgenden Hochpunkt und der kürzere Schenkel den Tiefpunkt mit dem stromaufwärtigen Unterdruckkanal verbindet. Vorzugsweise haben beide Schenkel eine Steigung bzw. Neigung von mindestens 3% und hat der Unterdruckkanal zwischen dem stromaufwärtigen Hochpunkt und dem Anschluß an den kürzeren Schenkel ein Gefälle von mindestens 0,2%, wobei die Sohle am Übergang zu dem kürzeren Schenkel ungefähr höhengleich mit dem Scheitel am Tiefpunkt ist. Wenn die Steighöhe H zwischen Tiefpunkt und Hochpunkt 30 cm beträgt und der Innendurchmesser D der Leitung 100 mm, ist die Länge des mit 0,2% geneigten Unterdruckkanalabschnittes 100 m. Der stromaufwärtige kurze Schenkel fällt um ca. 10 cm ab. Wenn sein Gefälle 10% beträgt, so ist er 1 m lang. Der stromabwärtige längere Schenkel zwischen dem Tief- und nachfolgenden Hochpunkt steigt um 30 cm an. Falls auch dieser eine Steigung von 10% hat, beträgt seine Länge 3 m. Die Schmutzwasseransammlung am Tiefpunkt hat dann ihr maximales Volumen erreicht, wenn der lange Schenkel bis zur Sohle des nachfolgenden Tiefpunktes und der kurze Schenkel bis ungefähr zum Scheitel des Tiefpunktes gefüllt ist. Dann ist der lange Schenkel fast ganz gefüllt und der kurze Schenkel etwa zur Hälfte. Das Maximalvolumen beträgt ca. 27 l. Selbstverständlich können auch andere Formen mit dem verlangten Maximalvolumen und andere Steigungen gewählt werden. In der Praxis wird man vorzugsweise gebogene Rohre verwenden, um die Tief- und Hochpunkte auszubilden. Diese gebogenen Rohre haben zwei Wendepunkte, einen in jedem Schenkel.

Erfindungsgemäß wird weiterhin vorgeschlagen, das Höhenprofil II im zweiten Abschnitt derart auszubilden, daß der Unterdruckkanal in ebenem Gelände zwischen den Hochpunkten und den jeweilig stromabwärts liegenden Tiefpunkten ein Gefälle von mindestens 0,2% und zwischen den Tiefpunkten und den jeweils nachfolgenden Hochpunkten eine Steigung von mindestens 3% aufweist. Die Anstiegshöhen H liegen vorzugsweise im Bereich zwischen dem ein- und dreifachen Innendurchmesser D. Vorzugsweise beträgt das Gefälle nur 0,2% und die Steighöhe 10 bis 30 cm. Bei einer Steighöhe von 20 cm beträgt dann die Länge des geneigten Abschnittes 100 m. Wenn die Tief- und Hochpunkte durch Biegen gerader Rohre mit einem Verhältnis von Biegeradius zu Durchmesser von 50:1 hergestellt werden, beträgt der Abstand des Anstieges zwischen Tiefpunkt und nachfolgendem Hochpunkt ca. 3 m und die mittlere Steigung ca. 6,7%.

Die Anstiege in Abschnitt II sind S-förmig mit nur einem Wendepunkt, der zwischen dem Tief- und Hochpunkt liegt. Selbstverständlich können die Anstiege auch aus gewinkelten anstelle von gebogenen Rohrstücken hergestellt werden.

Weder die gesamten hydrostatischen noch die hydrodynamischen Druckverluste bei Spitzendurchfluß (der ungefähr einer Leerrohrgeschwindigkeit der Luft von 1 m/s entspricht) sollte die verfügbare Druckdifferenz überschreiten. Solange die hydrostatischen Druckverluste die hydrodynamischen Druckverluste bei Spitzendurchfluß nicht übersteigen, können die Anstiegshöhen H beim Höhenprofil II größer sein als der Innendurchmesser D der Rohrleitung.

Das Höhenprofil I wird vorzugsweise eingesetzt, wo die Wahrscheinlichkeit dafür, daß mindestens eines der stromaufwärtigen Absaugventile bei Spitzenschmutzwasseranfall geöffnet ist, geringer ist als 90%. Wäre diese Wahrscheinlichkeit größer, so wäre der Durchfluß nahezu kontinuierlich und man setzte vorzugsweise Höhenprofil II ein, weil dessen hydrostatische Druckverluste geringer sind. Höhenprofil II wird vorzugsweise dort eingesetzt, wo diese Wahrscheinlichkeit über 50% liegt. Bei einer Wahrscheinlichkeit zwischen 50 und 90% können beide Höhenprofile eingesetzt werden.

Alternativ wird Höhenprofil I vorzugsweise dort verwendet, wo der maximale stündliche Schmutzwasserdurchfluß geringer ist als 1 l/s, und wird Höhenprofil vorzugsweise eingesetzt, wo dieser Durchfluß größer ist als 0,5 l/s. Dies entspricht den obigen Wahrscheinlichkeiten z.B. dann, wenn 10 l Schmutzwasser und 100 Nl Luft je Öffnungszyklus eines 50 mm - Absaugventils mit einer Dauer von 10 s eingesaugt werden.

Alternativ wird Höhenprofil I vorzugsweise eingesetzt, wo weniger als 125 Einwohner stromaufwärts angeschlossen sind, und wird Höhenprofil II vorzugsweise dort verwendet, wo mehr als 60 Einwohner stromaufwärts angeschlossen sind. Unter der Annahme eines Spitzenschmutzwasseranfalls von 0,008 l/(E∗s) ist dies gleichwertig mit einem Durchfluß von 1 Vs bzw. 0,5 l/s.

Andere Werte für den Schmutzwasserdurchfluß und für die Anzahl der angeschlossenen Einwohner erhält man, wenn Absaugventile anderer Größe eingesetzt werden oder das Luft-/Wasser-Verhältnis oder der

Spitzenabfluß andere Werte haben.

Vorzugsweise haben die ersten Abschnitte der Unterdruckkanäle mit Höhenprofil I einen Innendurchmesser D von maximal 125 mm. Unter der Annahme eines Chargenvolumens von 10 l Schmutzwasser und 100 Nl Luft, einer Einsaugzeit von 10 s und eines Druckes im Unterdruckkanal von 70 kPa beträgt die Geschwindigkeit im Unterdruckkanal ca. 1,25 m/s. Der Mindestdurchmesser von Abschnitt II beträgt vorzugsweise 70 mm. Unter der Annahme eines Spitzendurchflusses von 0,5 l/s, eines Luft-/Wasser-Verhältnisses von 4:1 und eines Druckes von 60 kPa entspricht dies einer Geschwindigkeit von über 1 m/s.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung werden Belüftungsventile vorzugsweise an den Übergangsstellen von Höhenprofil I auf Höhenprofil II oder bei Erweiterungen des Innendurchmessers der Vakuumkanäle angeordnet. Diese Belüftungsventile können zeitgesteuert geöffnet werden, um den stromabwärtigen Unterdruckkanal mit hoher Strömungsgeschwindigkeit von über 0,7 m/s zu spülen. Das erlaubt den Einsatz des Höhenprofils II auch dann, wenn sogar bei Spitzendurchfluß keine ausreichende Strömungsgeschwindigkeit sichergestellt ist, z.B. wenn der Schmutzwasseranfall saisonal stark schwankt, also z.B. in Feriengebieten, oder wo an lange Unterdruckkanäle nur wenige Einwohner angeschlossenen werden sollen. Mit anderen Worten: Belüflungsventile erlauben den Einsatz von Höhenprofil II auch dort, wo der Schmutzwasserdurchsatz gering sein kann.

Vorzugsweise werden Abschnitte des Unterdruckkanals, die jeweils einen Tiefpunkt und nachfolgenden Hochpunkt beinhalten, aus warmverformten Kunststoffrohren hergestellt. Da der Biegeradius von Kunststoffleitungen nach unten beschränkt ist, erfordert die Herstellung kurzer Anstiege normalerweise die Verbindung von Rohrbögen oder -winkeln. Durch die Verwendung warmverformter Rohre können derartige Verbindungen vermieden werden, wodurch die Kosten und die Gefahr von Leckagen vermindert werden. Die Warmverformung erfolgt üblicherweise bei in einer heißen Flüssigkeit eingetauchten Rohren. Um ein Einknicken während der Warmverformung zu vermeiden, werden die Rohre mit Sand gefüllt oder mit einem inneren Überdruck beaufschlagt.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen - für sich und/oder in Kombination-, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von der Zeichnung zu entnehmenden Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Fig. 1 eine prinzipielle Darstellung eines Ausschnittes eines ersten Abschnittes eines Unterdruckkanals nach Höhenprofil I im Bereich eines Tief- und Hochpunktes und

Fig. 2 einen Ausschnitt eines zweiten Abschnittes eines Unterdruckkanales mit Höhenprofil II im Bereich eines Tief- und Hochpunktes.

In den Abschnitten (10) und (100) des Unterdruckkanals (28) eines Unterdruckentwässerungssystems wird das Schmutzwasser in Pfeilrichtung transportiert. Fig. 1 zeigt einen ersten Abschnitt (10) mit Höhenprofil I, der in der Nähe der Strangenden angeordnet ist. Fig. 2 zeigt einen zweiten Abschnitt (100) mit Höhenprofil II, der stromabwärts des ersten Abschnittes in Richtung Unterdruckstation angeordnet ist. Beide Abschnitte (10) und (100) enthalten einen Tiefpunkt (12) bzw. (112) und einen Hochpunkt (14) bzw, (114).

Fig. 1 und 2. zeigen eine Schmutzwasseransammlung (16) bzw. (116) an den Tiefpunkten (12) und (112) bei ruhendem System. Hochpunkte (14) bzw. (114) sind stromabwärts der Tiefpunkte (12) bzw. (112) angeordnet.

Während die Schmutzwasseransammlung (16) am Tiefpunkt (12) beim Höhenprofil I (10) einen Wasserverschluß bildet, der den Luftdurchfluß blockiert, bleibt beim Höhenprofil II (100) eine kleine Querschnittsfläche (104) für die Luft oberhalb des Wasserspiegels (102) am Tiefpunkt (112) frei. Durch diese Querschnittsfläche (104) kann Luft strömen. Während es beim Höhenprofil I(10) einen hydrostatischen Druckverlust und eine Höhendifferenz der Wasserspiegel (20) und (22) vor und nach dem Tiefpunkt (12) gibt, fehlt ein solcher beim dargestellten Höhenprofil II (100). Der maximale hydrostatische Druckverlust beim Höhenprofil I(10) entspricht dem maximalen Höhenunterschied der Wasseroberflächen (20) und (22), der gleich der Höhendifferenz h zwischen der Rohrsohle (24) am Hochpunkt (14) und dem Scheitel (26) am Tiefpunkt (12) ist.

Bei beiden Höhenprofilen (10) und (100) entspricht die maximale hydrostatische Druckverlusthöhe h der Differenz zwischen der Steighöhe H und dem Innendurchmesser D. Somit gilt h = H-D. Beim in Fig. 2 gezeigten Höhenprofil II ist H-D negativ und es gibt keine hydrostatische Druckverlusthöhe h. Es wird allerdings betont, daß die Steighöhe H beim Höhenprofil II im Unterschied zu dem in Fig. 2 gezeigten Beispiel auch größer als der Innendurchmesser D des Rohres sein kann. Falls die Höhendifferenz H zwischen der Sohle (124) des Hochpunktes (114) und der Sohle des Tiefpunktes (112) größer ist als der Innendurchmesser D, gibt es auch beim Höhenprofil II eine hydrostatische Druckverlusthöhe h = H-D. Die maximalen hydrostatischen Druckverluste werden erreicht, wenn die Wasseroberflächen (22) und (102) die Rohrsohlen (24) und (124) an den Hochpunkten (14) und (114) erreichen. Dann erreichen die Schmutzwasseransammlungen (16) und (116) ihr maximales Volumen. Unter normalen Bedingungen verhindert ein Überlaufen über die Hochpunkte (14) und (114), daß die Wasserspiegel (22) und (102) weiter steigen.

Wenn das System in Ruhe ist, d.h. wenn weder Luft noch Schmutzwasser durch den Unterdruckkanal (28) strömt, gibt es einen Druckgradienten entlang des Un-

terdruckkanales (28), wobei der Druck in Richtung zur Unterdruckstation bei jedem Wasserverschluß um dessen hydrostatischen Druckhöhenverlust h abfällt. Normalerweise sind diese Druckhöhenverluste geringer als deren Maximalwert h = H-D, weil die Volumina der Wasseransammlungen (16) und (116) nicht ihre Maximalwerte erreichen. Bei der Planung eines Systems sollten jedoch die maximalen hydrostatischen Druckverlusthöhen h berücksichtigt werden, deren Summe kleiner sein soll als die verfügbare Druckdifferenz zwischen den Strangenden der Unterdruckkanäle und der Unterdruckstation. Diese verfügbare Druckdifferenz liegt üblicherweise in der Größenordnung von 40 kPa.

Wenn das System in Ruhe ist, kann die maximale Höhe der Wasseroberfläche (20) nur wenig höher liegen als der Rohrscheitel (26) am Tiefpunkt (12). Bei einem weiteren Anstieg des Wasserstandes (20) würde das zwischen dem Tiefpunkt (12) und dem vorhergehenden Hochpunkt eingeschlossene Luftvolumen (18) komprimiert werden. Die Druckdifferenz der Luft vor und hinter dem Tiefpunkt (12) ist allerdings beschränkt auf die Höhendifferenz der Wasserspiegel (22) und (20), die maximal den Wert h erreichen kann.

Um das Maximalvolumen der Schmutzwasseransammlung (16) beim Höhenprofil I (10) gering zu halten, weist der Unterdruckkanal (28) ein starkes Gefälle unmittelbar vor dem Tiefpunkt (12) auf. Die Wasseransammlung (16) kann sich maximal bis zu einem Punkt (30) stromaufwärts des Tiefpunktes (12) erstrecken. Der Punkt (30) liegt ungefähr höhengleich mit dem Scheitel (26) am Tiefpunkt (12). Der Abstand zwischen den Punkten (30) und (12) ist umso kürzer, je steiler der Unterdruckkanal zum Tiefpunkt (12) abfällt. Je kleiner das Volumen der Schmutzwasseransammlung (16) ist, desto weniger Energie wird zum Beschleunigen und Heben der Schmutzwasseransammlung (16) benötigt.

In ebenem Gelände hat ein Abschnitt (32) des Unterdruckkanals (28) zwischen einem vorhergehenden nicht dargestellten Hochpunkt und dem Punkt (30) ein sanftes Gefälle und fällt um eine Höhe h = H-D ab. Wenn das Gefälle mindestens 0,2% beträgt, ist die maximale Länge des Abschnittes (32) gleich 500 * h. Wenn h = 10 cm ist, wenn also der maximale hydrostatische Druckverlust p = 1 kPa beträgt, beträgt die Maximallänge von Abschnitt (32) 50 m. Unter Vernachlässigung der relativ kurzen Entfernung zwischen den Punkten (30) und (14) beträgt die maximale Gesamtlänge L eines nach Höhenprofil I verlegten Unterdruckkanals L = 500 * h * P/p , wobei P die insgesamt verfügbare Druckdifferenz ist. Wenn P = 40 kPa beträgt, so ist die Maximallänge L = 2 km.

Die Länge der ersten Abschnitte von Unterdruckkanälen mit Höhenprofil I (10) muß demnach deutlich kürzer sein als 2 km, wenn die Gesamtlänge der Unterdruckkanäle 2 km überschreiten soll. Zwischen den ersten Abschnitten mit Höhenprofil I (10) und der Unterdruckstation werden zweite Abschnitte mit Höhenprofil II (100) angeordnet. Die hydrostatischen Druckverluste sind beim Höhenprofil II (100) geringer als beim Höhenprofil I (10). Sie entsprechen den Druckhöhenverlusten h = H-D und sind Null, wenn H <= D ist. Insbesondere dort, wo das Gelände ansteigt, werden die Anstiege H größer sein als der Innendurchmesser D.

Beim Höhenprofil II (100) sind die Anstiege zwischen den Tiefpunkten (112) und den Hochpunkten (114) vorzugsweise kurz und steil. Das Gefälle zwischen den Hochpunkten (114) und den Tiefpunkten (112) ist sanft und deren Abstand groß. Bei einem Gefälle von 0,2% beträgt die Länge der Gefälleabschnitte (132) 500 * H. Bei einer Anstiegshöhe H = 20 cm und einem Innendurchmesser D = 15 cm beträgt die Länge des Gefälleabschnittes (132) 100 m und der maximale hydrostatische Druckverlust 0,5 kPa.

Die Schmutzwasseransammlung (116) beim Höhenprofil II (100) erstreckt sich maximal bis zum Punkt (130), der höhengleich mit dem Scheitel des Tiefpunktes (112) ist. Punkt (130) fällt zusammen mit dem Hochpunkt (114), wenn H <= D ist, wie in Fig. 2 dargestellt. Die Entfernung zwischen Punkt (130) und dem nächstfolgenden Tiefpunkt beträgt das Minimum von 500 * D und 500 * H. Wenn H = D ist, fallen die Punkte (130) und (114) zusammen und der Unterdruckkanal (28) ist maximal zur Hälfte mit Schmutzwasser gefüllt. Wenn H = 20 cm und D = 15 cm ist, beträgt die Länge der sanft geneigten Abschnitte (132) 500* H = 100 m, das Maximalvolumen der Schmutzwasseransammlungen (116) ca. 880 1 und die maximale hydrostatische Druckverlusthöhe h = H-D = 5 cm, was einem hydrostatischen Druckverlust von 0,5 kPa entspricht. Der hydrodynamische Druckverlust beträgt ebenfalls etwa 0,5 kPa, wenn SchmutzwasserLuft-Gemisch bei einem Luft-/Wasser-Verhältnis von 3:1 mit einer Geschwindigkeit von 1 m/s kontinuierlich über den Anstieg gefördert wird.

Unter der Annahme, daß in ebenem Gelände ein Unterdruckkanal mit einer Gesamtlänge von 4 km gebaut werden soll, dessen erster Abschnitt mit Höhenprofil (10) 1 km und dessen zweiter Abschnitt mit Höhenprofil II(100) 3 km lang ist, beträgt die Summe der maximalen hydrostatischen Druckverluste im ersten Abschnitt 20 kPa und im zweiten Abschnitt 15 kPa. Damit sind die gesamten maximalen hydrostatischen Druckverluste mit 35 kPa kleiner als die verfügbare Druckdifferenz von üblicherweise 40 kPa. Das mittlere Luft/Wasser-Verhältnis muß im zweiten Abschnitt mindestens 3:1 betragen, damit dort die hydrodynamischen Druckverluste bei einer zum Aufwirbeln von Schlammablagerungen ausreichenden Fördergeschwindigkeit von ca. 1 m/s geringer bleiben als die maximalen hydrostatischen Druckverluste.

Patentansprüche

1. Unterdruck-Entwässerungssystem, insbesondere für die Entwässerung von Siedlungen, umfassend einen Unterdruckkanal, an den einerseits zumin-

dest eine Unterdruckquelle und andererseits über Absaugventile Schmutzwasseranfallstellen zum schubweisen Einsaugen von Abwasser und Luft anschließbar sind, wobei der Unterdruckkanal (28) erste und zweite Abschnitte (10, 100) mit voneinander unterschiedlichen ersten und zweiten Höhenprofilen mit Hochpunkten (14, 114) und Ansammlungen (16, 116) von Schmutzwasser ermöglichenden Tiefpunkten (12, 112) aufweist, die derart ausgebildet sind, dass das Maximalvolumen der Wasseransammlungen (16) im Bereich der Tiefpunkte (12) des ersten Abschnittes (10) kleiner ist als das Maximalvolumen der Wasseransammlungen (116) im Bereich der Tiefpunkte (112) des zweiten Abschnittes (100),
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest ein erster Abschnitt (10) des Unterdruckkanals (28) sich von einem stromaufwärtigen Ende des Unterdruckkanals stromabwärts in Richtung zur Unterdruckquelle erstreckt, dass an den ersten Abschnitt nur eine so geringe Zahl von Einwohnern angeschlossen ist, dass Schmutzwasser im Bereich des ersten Abschnittes (10) auch bei Spitzenschmutzwasserdurchsatz schubweise von Tiefpunkten (12) über Hochpunkte (14) gefördert wird, dass ein zweiter Abschnitt (100) des Unterdruckkanals (18) sich stromabwärts an den ersten Abschnitt (10) anschließend in Richtung zur Unterdruckquelle erstreckt, dass an den zweiten Abschnitt (100) eine so große Zahl von Einwohnern angeschlossen ist, dass Schmutzwasser im Bereich des zweiten Abschnittes (100) zumindest bei Spitzenschmutzwasserdurchsatz oder dann, wenn ein stromaufwärtige angeordnetes Belüftungsventil geöffnet ist, in etwa kontinuierlich von den Tiefpunkten (112) über Hochpunkte (114) gefördert wird.

2. Unterdruck-Entwässerungssystem nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß das maximale Volumen der Schmutzwasseransammlung (116) im Bereich der Tiefpunkte (112) des zweiten Abschnittes (100) des Unterdruckkanals (28) zumindest 2-fach und vorzugsweise mehr als 10-fach größer ist als das maximale Volumen der Schmutzwasseransammlung (16) im Bereich der Tiefpunkte (12) des ersten Abschnittes (10) des Unterdruckkanals.

3. Unterdruck-Entwässerungssystem nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß der erste Abschnitt (10) des Unterdruckkanals (28) ein im Bereich der Tiefpunkte (12) und Hochpunkte (14) derart ausgebildetes Höhenprofil I aufweist, daß sich die maximale Schmutzwasseransammlung (16) im Ruhezustand maximal 5 m, vorzugsweise weniger als 3 m stromaufwärts vom Tiefpunkt (12) erstreckt, und/oder daß der zweite Abschnitt (100) des Unterdruckkanals (28) ein im Bereich der Tiefpunkte (112) und Hochpunkte (114) derart ausgebildetes Höhenprofil II aufweist, daß sich die maximale Schmutzwasseransammlung (116) zumindest 5 m; vorzugsweise 10 bis 100 m stromaufwärts vom Tiefpunkt (112) erstrecken kann.

4. Unterdruck-Entwässerungssystem nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Volumen der Schmutzwasseransammlungen (16) im Bereich der Tiefpunkte (12) beim Höhenprofil I (10) im Ruhezustand maximal 100 l, vorzugsweise 10 bis 50 l beträgt und/oder daß das Volumen der Schmutzwasseransammlungen (116) im Bereich der Tiefpunkte (112) beim Höhenprofil II (100) im Ruhezustand mindestens 50 l, vorzugsweise mehr als 100 l betragen kann.

5. Unterdruck-Entwässerungssystem nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß erste Abschnitte mit Höhenprofil I (10) dort angeordnet werden, wo die Wahrscheinlichkeit dafür, daß bei Schmutzwasserspitzenanfall zumindest ein Absaugventil stromaufwärts offen ist, maximal 90% beträgt, und daß zweite Abschnitte mit Höhenprofil II (100) dort angeordnet werden, wo die Wahrscheinlichkeit dafür, daß bei Schmutzwasserspitzenanfall zumindest ein Absaugventil stromaufwärts offen ist, mindestens 50% beträgt.

6. Unterdruck-Entwässerungssystem nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Höhenprofil I (10) der ersten Abschnitte der Unterdruckkanäle U-förmig ausgebildete Rohrabschnitte mit Tiefpunkten (12) und mit jeweils zwei Schenkeln unterschiedlicher Länge aufweist, wobei die längeren Schenkel die Tiefpunkte (12) mit den nachfolgenden Hochpunkten (14) verbinden und die kürzeren Schenkel sich von den Tiefpunkten (12) ausgehend stromaufwärts erstrecken und/oder daß das Höhenprofil II(100) der zweiten Abschnitte der Unterdruckkanäle S-förmig ausgebildete Rohrabschnitte aufweist, die jeweils einen Tiefpunkt (112) und einen nachfolgenden Hochpunkt (114) umfassen, und daß die Rohrabschnitte, die jeweils einen Tiefpunkt (12, 112) und einen nachfolgenden Hochpunkt (14, 114) umfassen, vorzugsweise aus warmverformten Kunststoffrohr hergestellt sind.

7. Unterdruck-Entwässerungssystem nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

daß beim Höhenprofil I (10) Steighöhen H zwischen Tiefpunkten (12) und nachfolgenden Hochpunken (14) den 1- bis 5-fachen Innendurchmesser des Unterdruckkanals (28) in diesem Bereich haben und/oder daß beim Höhenprofil II (100) Steighöhen H zwischen Tiefpunkten (112) und nachfolgenden Hochpunkten (114) den 0,6- bis 3-fachen Innendurchmesser des Unterdruckkanals (28) in diesem Bereich haben, wobei bei beiden Höhenprofilen (10,100) die Steighöhen H vorzugsweise 10 bis 60 cm betragen.

8. Unterdruck-Entwässerungssystem nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Unterdruckkanal (28) in ebenem Gelände stromabwärts der Hochpunkte (14, 114) Abschnitte (32, 132) mit geringem Gefälle von zumindest 0,2% aufweist und zwischen den Tiefpunkten (12, 112) und den nachfolgenden Hochpunkten (14,114) mit einer mittleren Steigung von mindestens 3% ansteigt, daß beim Höhenprofil (10) der Abschnitt (32) an einem Punkt (30) endet, an dem die Rohsohle ungefähr höhengleich mit dem Scheitel (26) des Tiefpunktes (12) ist, daß der Unterdruckkanal zwischen dem Punkt (30) und dem Tiefpunkt (12) ein durchschnittliches Gefälle von mindestens 3% aufweist und um etwa einen Innendurchmesser des Unterdruckkanals in diesem Bereich abfällt und daß beim Höhenprofil II(100) der Abschnitt (132) bis zum Tiefpunkt (112) reicht.

9. Unterdruck-Entwässerungssystem nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß Belüftungsventile zum periodischen Erzeugen von hohen stromabwärtigen Strömungsgeschwindigkeiten in der Nähe von Übergängen von den ersten Abschnitten (10) auf die zweiten Abschnitte (100) der Unterdruckkanäle (28) oder in der Nähe von Rohrerweiterungen angeordnet sind.

Claims

1. Vacuum sewerage system, particularly for housing areas, comprising a vacuum sewer to which at one end at least one vacuum source is connectable and to which wastewater drains are connectable via interphase valves for batchwise aspiration of wastewater and air, whereby the vacuum sewer (28) comprises first and second sections (10, 100) with different first and second height profiles with hight points (14, 114) and low points (12, 112) allowing for wastewater accumulations (16, 116), which are designed such that the maximum volume of the wastewater accumulations (16) in the region of the low points (12) of the first section (10) is smaller than the maximum volume of the water accumulations (116) in the region of the low points (112) of the second section (100),
characterized in that
at least one first section (10) of the vacuum sewer (28) is extending from one upstream end of the vacuum sewer towards the vacuum source, only such a small amount of residents are connected to the first section that wastewater is transported batchwise in the region of the first section (10) from low points (12) via high points (14) even during peak flow, that a second section (100) of the vacuum sewer (18) is extending downstream adjacent the first section (10) towards the vacuum source, and such a large amount of residents is connected to the second section (100) that wastewater is transported nearly continuously from the low points (112) via high points (114) at least during peak flow or while an upstream air admission valve is open.

2. Vacuum sewerage system according to Claim 1,
characterized in that
the maximum volume of the wastewater accumulations (116) in the region of the low points (112) of the second section (100) of the vacuum sewer (28) is at least two times larger and preferably ten times larger than the maximum volume of the wastewater accumulations (16) in the region of the low points (12) of the vacuum sewer's first section (10).

3. Vacuum sewerage system according to at least one of the preceding claims,
characterized in that
the first section (10) of the vacuum sewer (28) has a height profile I that is desgined in the region of the low points (12) and hight points (14) such that the maximum wastewater accumulation (16) at no-flow condition extends at most 5 meters, preferably less than 3 meters upstream from the low point (12), and/or the second section (100) of the vacuum sewer (28) has a height profile II that is designed in the region of the low points (112) and high points (114) such that the maximum wastewater accumulation (116) is adapted to extend at least 5 meters, preferably 10 to 100 meters upstream from the low point (112).

4. Vacuum sewerage system according to at least one of the preceding claims,
characterized in that
the volume of wastewater accumulation (16) in the region of the low points (12) at height profile I (10) has at no-flow condition at most 100 liters, preferably 10 to 50 liters, and/or the volume of wastewater accumulations (116) in the region of the low points (112) at height profile II (100) may have at no-flow condition at least 50 liters, preferably more than 100 liters.

5. Vaccum sewerage system according to at least one of the preceding claims,
characterized in that
first sections with height profile I (10) are located where the probability that at least one air admission valve is open upstream during peak flow is at most 90 %, and second sections with heigth profile II (100) are located where the probability that at least one air admission valve is open during peak flow is at least 50 %.

6. Vacuum sewerage system according to at least one of the preceding claims,
characterized in that,
the height profile I (10) of the first sections of the vaccum sewers comprises U-shaped pipe sections with low points (12) and with legs having different lengths, the longer legs connect the low points (12) with the subsequent high points (14), and the shorter legs extend upstream from the low points (12), and/or the height profile II (100) of the second sections of the vacuum sewers comprises S-haped pipe sections each having a low point (112) and a subsequent high point (114), and that the pipe sections each comprising a low point (12, 112) and a subsequent high point (14, 114), are preferably made of thermoformed plastic pipes.

7. Vacuum sewerage system according to at least one of the preceding claims,
characterized in that,
at height profile I (10) declining heights H between low points (12) and subsequent high points (14) have an inner diameter being 1 time to 5 times larger than that of the vaccum sewer (28) in this region and/or at height profile II (100) inlining heights H between low points (112) and subsequent hight points (114) have an inner diameter being 0,6 to 3 times larger than that of the vacuum sewer (28) in this region, wherein at both height profiles (10, 100) the inclining heights H preferably are 10 to 60 cm.

8. Vacuum sewerage system according to at least one of the preceding claims,
characterized in that
the vaccum sewer (28) has in level ground downstream the high points (14, 114) sections (32, 132) with a slight downslope of at least 0.2 %, and is inclining between low points (12,112) and subsequent high points (14,114) with an average upslope of at least 3 %, that at height profile (10) the section (32) ends at a point (30) where the invert level of the vacuum sewer is approximately equal to the crown level (26) of the low point (12), that the vacuum sewer has an average downslope of at least 3 % between said point (30) and said low point (12) and decreases in that region about an inner diameter of the vacuum sewer, and that at height profile II (100) the section (132) extends to the low point (112).

9. Vacuum sewerage system according to at least one of the preceding claims,
characterized in that
air admission valves are provided near intersections from first sections (10) to the second sections (100) of the vacuum sewers (28) or near pipe enlargements to periodically produce high downstream flow velocities.

Revendications

1. Système de drainage sous vide, en particulier pour le drainage de lotissements, comprenant une conduite sous vide, à laquelle peuvent être raccordées d'un côté au moins une source de vide et d'un autre côté des zones de production d'eau boueuse pour l'aspiration par vagues d'eaux usées et d'air par l'intermédiaire de vannes d'aspiration, la conduite sous vide (28) présentant des premières et des deuxièmes sections (10, 100) avec des premiers et des deuxièmes profils longitudinaux différents les uns des autres avec des points supérieurs (14, 114) ainsi que des points inférieurs (12, 112) permettant l'accumulation (16, 116) d'eau boueuse, formées de sorte que le volume maximal des accumulations d'eau (16) dans la zone des points inférieurs (12) de la première section (10) soit inférieur au volume maximal des accumulations d'eau (116) dans la zone des points inférieurs (112) de la deuxième section (100),
caractérisé en ce que
au moins une première section (10) de la conduite sous vide (28) s'étend d'une extrémité amont de la conduite sous vide vers l'aval en direction de la source de vide et en ce que, sur la première section, un nombre suffisamment faible d'habitants est raccordé de sorte que l'eau boueuse dans la zone de la première section (10) soit transportée par vagues des points inférieurs (12) en passant par des points supérieurs (14) même en cas de pointe de débit d'eau boueuse, et en ce que une deuxième section (100) de la conduite sous vide (18) raccordée à la première section (10) s'étend vers l'aval en direction de la source de vide et en ce que, sur la deuxième section (100) un nombre suffisamment élevé d'habitants est raccordé de sorte que l'eau boueuse dans la zone de la deuxième section (100) soit au moins transportée de façon à peu près continue de points inférieurs (112) en passant par des points supérieurs (114) au moins en cas de pointe de débit d'eau boueuse ou lorsqu'une vanne d'aération située en amont est ouverte.

2. Système de drainage sous vide selon la revendication 1,

caractérisé en ce que
le volume maximal de l'accumulation d'eau boueuse (116) dans la zone des points inférieurs (112) de la deuxième section (100) de la conduite sous vide (28) est au moins deux fois et de préférence plus de dix fois plus important que le volume maximal de l'accumulation d'eau boueuse (16) dans la zone des points inférieurs (12) de la première section (10) de la conduite sous vide.

3. Système de drainage sous vide selon au moins l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la première section (10) de la conduite sous vide (28) présente dans la zone des points inférieurs (12) et des points supérieurs (14) un profil longitudinal I formé de sorte que l'accumulation maximale d'eau boueuse (16) s'étende au repos vers l'amont sur 5 m au maximum, de préférence sur moins de 3 m à partir du point inférieur (12), et/ou en ce que la deuxième section (100) de la conduite sous vide (28) présente dans la zone des points inférieurs (112) et des points supérieurs (114) un profil longitudinal II formé de sorte que l'accumulation maximale d'eau boueuse (116) puisse s'étendre vers l'amont sur au moins 5 m, de préférence sur 10 à 100 m à partir du point inférieur (112).

4. Système de drainage sous vide selon au moins l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le volume des accumulations d'eau boueuse (16) dans la zone des points inférieurs (12) du profil longitudinal I (10) s'élève au repos à 100 l au maximum, de préférence à 10 à 50 l et/ou en ce que le volume des accumulations d'eau boueuse (116) dans la zone des points inférieurs (112) du profil longitudinal II(100) puisse s'élever au repos à au moins 50 1, de préférence à plus de 100 l.

5. Système de drainage sous vide selon au moins l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
des premières sections avec profil longitudinal I (10) sont placées là où la probabilité qu'au moins une vanne d'aspiration est ouverte en amont en cas de pointe de production d'eau boueuse s'élève au maximum à 90 %, et en ce que des deuxièmes sections avec profil longitudinal II (100) sont placées là où la probabilité qu'au moins une vanne d'aspiration est ouverte en amont en cas de pointe de production d'eau boueuse s'élève au moins à 50 %.

6. Système de drainage sous vide selon au moins l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le profil longitudinal I(10) des premières sections des conduites sous vide présente des sections tubulaires en forme de U avec des points inférieurs (12) et à chaque fois deux branches de longueurs différentes, les longues branches reliant les points inférieurs (12) aux points supérieures consécutifs (14) et les courtes branches s'étendant vers l'amont à partir des points inférieurs (12) et/ou en ce que le profil longitudinal II (100) des deuxièmes sections des conduites sous vide présente des sections tubulaires en forme de S comprenant à chaque fois un point inférieur (112) et un point supérieur consécutif (114), et en ce que les sections tubulaires comprenant à chaque fois un point inférieur (12, 112) et un point supérieur consécutif (14,114) sont de préférence des tubes de matière plastique matricés à chaud.

7. Système de drainage sous vide selon au moins l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
sur le profil longitudinal I (10), des hauteurs de remontée H entre des points inférieurs (12) et des points supérieurs (14) consécutifs sont égales à 1 à 5 fois le diamètre intérieur de la conduite sous vide (28) dans cette zone et/ou en ce que sur le profil longitudinal II (100), des hauteurs de remontée H entre des points inférieurs (112) et des points supérieurs consécutifs (114) sont égales à 0,6 à 3 fois le diamètre intérieur de la conduite sous vide (28) dans cette zone, les deux profils longitudinaux (10, 100) présentant de préférence des hauteurs de remontée H de 10 à 60 cm.

8. Système de drainage sous vide selon au moins l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
dans un terrain plat, la conduite sous vide (28) présente en aval des points supérieurs (14, 114) des sections (32, 132) de faible pente d'au moins 0,2 % et monte entre les points inférieurs (12, 112) et les points supérieurs consécutifs (14,114) avec une pente moyenne d'au moins 3 %, et en ce que sur le profil longitudinal I (10), la section (32) se termine à un point (30) pour lequel la base de la conduite est à peu près à la même hauteur que le sommet (26) du point inférieur (12), et en ce que]a conduite sous vide entre le point (30) et le point inférieur (12) présente une pente moyenne d'au moins 3 % et s'abaisse d'à peu près un diamètre intérieur de la conduite sous vide dans cette zone, et en ce que sur le profil longitudinal II (100), la section (132) s'étend jusqu'au point inférieur (112).

9. Système de drainage sous vide selon au moins l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
pour produire périodiquement des vitesses élevées d'écoulement vers l'aval, des vannes d'aération sont disposées à proximité de zones de transition

entre les premières sections (10) et les deuxièmes sections (100) des conduites sous vide (28) ou à proximité d'élargissements de conduites.

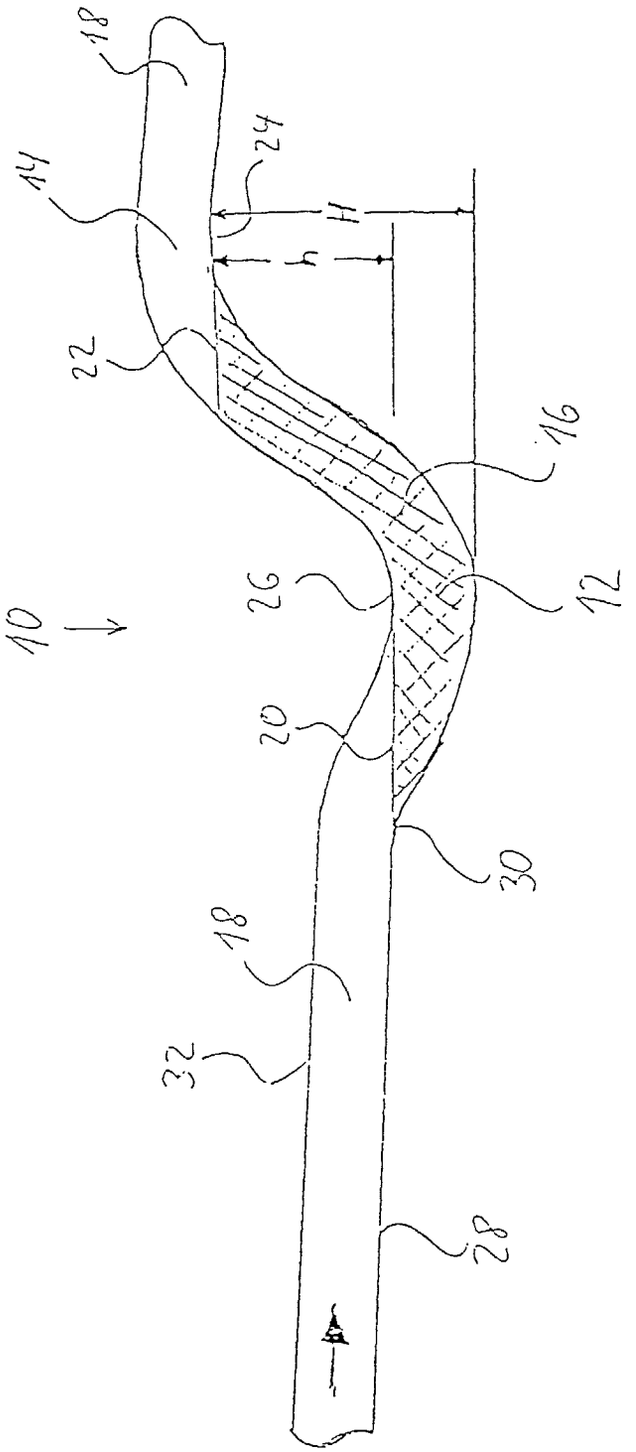


Fig. 1

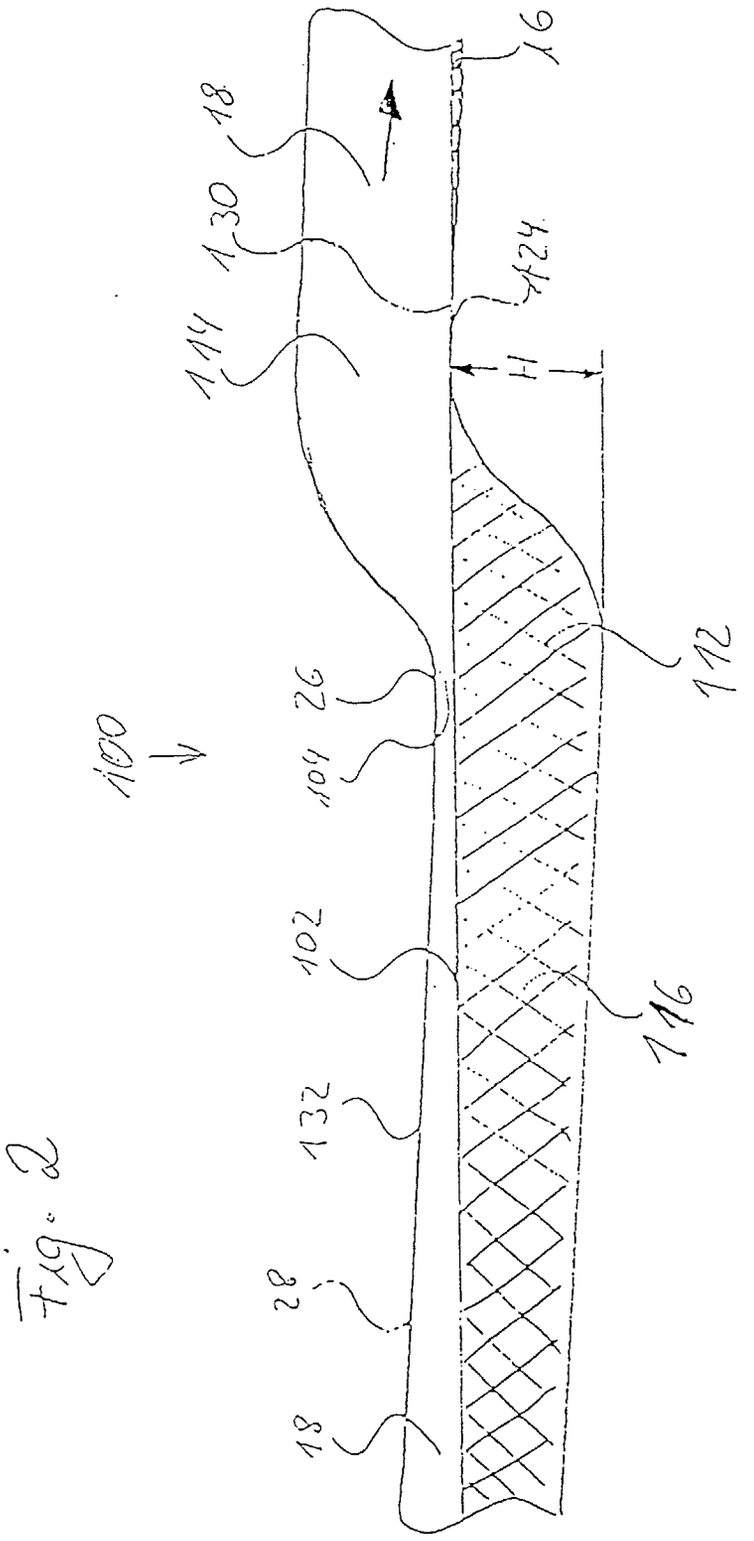


Fig. 2