

Automatisches selbstreinigendes Drainagesystem für eine Tunnelanlage

Die Erfindung betrifft ein Drainagereinigungssystem für eine Tunnelanlage bzw. -bauwerk, umfassend zumindest ein unterirdisches Drainagerohr. In weiteren Aspekten betrifft die Erfindung einen selbstfahrenden Reinigungsroboter für das genannte Drainagereinigungssystem und ein selbstreinigendes Drainagesystem, welches das genannte Drainagereinigungssystem und den genannten selbstfahrenden Reinigungsroboter umfasst.

Wie allgemein bekannt ist, werden durch Berge oder ähnliche Steinmassive Tunnel gebaut, um beispielsweise Fahrbahnen durch den Berg zu verlegen. Hierbei tritt jedoch das Problem auf, dass vom Berg abfließendes Wasser in den Tunnel einfließt, was zu Überschwemmungen der Fahrbahn führt. Aus diesem Grund werden, wie im Stand der Technik bekannt, Drainagesysteme unterhalb der Fahrbahn verbaut, die vom Berg abfließendes Wasser unterhalb der Fahrbahn aufnehmen, um einen sicheren Betrieb der Fahrbahn zu gewährleisten.

Um diese Drainagesysteme zu reinigen, beispielsweise durch Entfernen von in das Drainagesystem eingebrachtem Schotter oder von Ablagerungen am Drainagerohr, werden im Stand der Technik Vorrichtungen zur Reinigung von Rohrleitungen des Drainagesystems eingesetzt, die über hydrodynamische Werkzeuge bzw. Düsen verfügen. Diese Vorrichtungen weisen immer einen Schlauch bzw. ein Kabel auf, um die Vorrichtung anzutreiben. Dadurch sind diese Systeme in ihrer Einsatzlänge begrenzt, da die zur Verfügung stehenden Schläuche bzw. Kabel nur eine bestimmte Länge aufweisen. Weiters sind vor allem in Tunnelanlagen die Platzverhältnisse sehr begrenzt, weshalb die bestehenden Drainagesysteme in ihrer Größe stark eingeschränkt sind, sodass sich die Einsatzlängen verringern.

Ein weiteres Problem, das sich insbesondere in Tunnelanlagen stellt, ist, dass die bestehenden Systeme aus dem Stand der Technik durch einen Mitarbeiter vor Ort ins Rohr eingeführt werden müssen. Dies verursacht vor allem in befahrenen Tunnelanlagen Sperrzeiten im Betrieb bzw. ist im laufenden Betrieb der Tunnelanlagen ausgesprochen gefährlich.

Aus artfremden Gebieten der Technik, z.B. Belüftungsschächten in Gebäuden wie in den Schriften DE 692 21 161 T2, KR 10-2015-0064565 A, KR 10-0190751 B1 und der EP

3 315 219 A1 beschrieben, ist beispielsweise bekannt, die Luftschächte mittels Reinigungsrobotern zu reinigen, die nicht hydrodynamisch angetrieben werden.

Aus der US 7,7993,469 B1 ist bekannt, bei der Kanalreinigung einen kabelgebundenen Reinigungsroboter einzusetzen, der jedoch wiederum in Kanalöffnungen eingesetzt wird, sodass dessen Fahrtlänge durch das mitgeführte Kabel begrenzt ist.

Aus den oben zitierten Dokumenten ist ferner bekannt, bei der Reinigung Messdaten aufzuzeichnen bzw. eine Kamera mitzuführen, um Informationen über die Verschmutzung des zu reinigenden Schachts zu gewinnen. Bei Drainagesystemen für Tunnelanlagen ist dies jedoch bislang kaum durchführbar, da durch die Verbauung des Drainagesystems unter dem Tunnel kein geeigneter Empfang zur drahtlosen Übertragung von Daten vorliegt. Eine Lösung hierfür wäre, aufgezeichnete Daten nach der Entnahme der Reinigungsvorrichtung manuell über eine Schnittstelle auszulesen, was jedoch wieder den Nachteil mit sich bringt, dass Mitarbeiter die Reinigungsvorrichtung aus dem Drainagesystem entnehmen müssen.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein Drainagereinigungssystem bzw. einen Reinigungsroboter und ein selbstreinigendes Drainagesystem zu schaffen, welche die Nachteile des Standes der Technik überwinden und insbesondere einen selbstständigen Betrieb ohne manuelle Eingriffe ermöglichen.

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird dies durch ein Drainagereinigungssystem für eine Tunnelanlage erzielt, das Drainagereinigungssystem umfassend zumindest ein Drainagerohr, wobei das Drainagereinigungssystem am genannten Drainagerohr zumindest eine Ladestation umfasst, wobei die Ladestation dazu ausgebildet ist, die Batterie eines im Drainagerohr befindlichen selbstfahrenden Reinigungsroboters aufzuladen und es zu ermöglichen, vom Reinigungsroboter aufgezeichnete Messdaten an einen außerhalb des Drainagereinigungssystems angeordneten Server zu senden.

Das erfindungsgemäße Drainagereinigungssystem hat erstens den Vorteil, dass es mit zumindest einer Ladestation ausgestattet ist, die im Drainagereinigungssystem befindliche Reinigungsroboter aufladen kann. Dadurch kann erstmals ein Drainagereinigungssystem erzielt werden, welches ohne Vorrichtungen mit hydrodynamischen Antrieben bzw. kabelgebundenen Antrieben gereinigt werden kann. Dadurch kann zudem insgesamt die Länge des Drainagereinigungssystems erhöht werden, da Reinigungsvorrichtungen nicht mehr an einem Ende des Drainagereinigungssystems manuell eingeführt werden müssen.

Der zweite Vorteil des Drainagereinigungssystems besteht darin, dass durch die datensendende Ladestation erstmals ermöglicht wird, dass kontinuierlich, d.h. bei jedem Andocken des Reinigungsroboters an die Ladestation und nicht nur bei manuellen Reinigungen, Informationen über das Drainagereinigungssystem an den Server bereitgestellt werden, was aufgrund der schlechten Datenverbindung in Drainagesystemen bislang nicht möglich war.

Insgesamt wird durch das Drainagereinigungssystem mit integrierter Ladestation ein System geschaffen, bei dem im Zusammenspiel mit dem selbstfahrenden Reinigungsroboter ein vollkommen autarkes Drainagereinigungssystem geschaffen wird, welches sich selbst ohne menschliches Zutun kontinuierlich reinigt. Dadurch wird einerseits erzielt, dass ein Fahrbetrieb im Tunnel nicht mehr unterbrochen werden muss, und andererseits eine verbesserte Reinigung erzielt, da der selbstfahrende Reinigungsroboter seine Reinigungsarbeiten nur für den Ladevorgang unterbricht, was unter anderem dazu führt, dass sich weniger Ablagerungen im Drainagereinigungssystem ansetzen.

Bevorzugt weist das Drainagereinigungssystem am Drainagerohr ferner zumindest eine Kommunikationsstation auf, die dazu ausgebildet ist, vom Reinigungsroboter aufgezeichnete Messdaten zu empfangen und diese an den genannten Server zu senden, ohne den Reinigungsroboter zu laden. Diese Kommunikationsstation ist ohne Ladefunktion vorgesehen, weshalb der Reinigungsroboter zum Senden der Messdaten an die Kommunikationsstation kürzer an dieser verweilen kann. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Kommunikationsstation an einem Ende des Drainagereinigungssystems angeordnet wird, d.h. an einem Umkehrpunkt bei der Reinigung des Reinigungsroboters.

Weiters bevorzugt umfasst das Drainagereinigungssystem zumindest zwei der genannten Ladestationen, wobei diese in einem vorbestimmten Mindestabstand voneinander entfernt sind. Dadurch wird ein effektiv längeres Drainagereinigungssystem ermöglicht, als es für die Reinigung mit kabelgebundenen Reinigungsvorrichtungen möglich wäre.

Der Abstand zwischen zwei Ladestationen beträgt vorteilhaft weniger als beziehungsweise maximal die Hälfte einer Kapazität der Batterie des Reinigungsroboters, sodass der Reinigungsroboter wieder zur letzten Ladestation zurückkehren kann, wenn sich ein Hindernis kurz vor einer Ladestation befindet. Beispielsweise sind die Ladestationen in einem Abstand von 50 m – 1000 m, bevorzugt 450 m – 600 m, zueinander angeordnet, was der Hälfte von typischen Batteriekapazitäten entspricht.

Um es zu ermöglichen, dass vom Reinigungsroboter aufgezeichnete Messdaten an den außerhalb des Drainagesystems angeordneten Server gesendet werden können, kann der Reinigungsroboter beispielsweise einen eigenen Sendeempfänger aufweisen. Wenn der Reinigungsroboter beispielsweise von der Ladestation wie beschrieben aus dem Innendurchmesser des Drainagerohrs, in dem üblicherweise keine ausreichende Kommunikationsverbindung zum Server vorliegt, herausbefördert wird, kann der Reinigungsroboter in eine Position gebracht werden, in der eine Kommunikationsverbindung zum Server vorliegt. Alternativ kann die Ladestation beispielsweise eine Antenne bereitstellen, an die der Sendeempfänger des Reinigungsroboters koppeln kann, sodass aufgezeichnete Messdaten an den Server gesendet werden können.

Bevorzugt umfasst jedoch die Ladestation einen Sendeempfänger, welcher dazu ausgebildet ist, vom Reinigungsroboter aufgezeichnete Messdaten zu empfangen und an einen außerhalb des Drainagesystems angeordneten Server zu senden. Dies hat den Vorteil, dass die Reinigungsroboter in einfacher und kostengünstiger Weise ausgebildet sein können und zu jederzeit festgestellt werden kann, ob eine Datenverbindung zwischen Ladestation und Server besteht, d.h. die Integrität der Kommunikationsverbindung kann kontinuierlich überprüft werden.

Im genannten Fall kann die Verbindung der Ladestation an den Server beispielsweise kabelgebunden erfolgen, wenn beispielsweise der Server in der Nähe des Tunnels angeordnet ist. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Ladestation jedoch dazu ausgebildet, die Messdaten mittels einer drahtlosen Verbindung, bevorzugt mittels einer Mobilfunk-Verbindung, an den Server zu senden. Dies verringert erstens den Installationsaufwand der Ladestation, da keine Kabel verlegt werden müssen, und ermöglicht zweitens, dass in einfacher Weise alle Ladestationen eines Anbieters Messdaten an einen zentralen Server senden.

Besonders bevorzugt ist die Ladestation außerhalb eines Innendurchmessers des Drainagerohrs angeordnet und dazu ausgebildet, den Reinigungsroboter aus dem Innendurchmesser herauszubefördern, um diesen außerhalb des Innendurchmessers aufzuladen. Beispielsweise kann die Ladestation den Reinigungsroboter aus dem Drainagerohr herausheben. Dies bewirkt, dass der Innendurchmesser während der Ladung der Batterie des Reinigungsroboters frei zugänglich ist, sodass Abwasser ungestört durch das Drainagerohr abfließen kann. Hierbei ist anzumerken, dass sich während der Reinigung durch den Reinigungsroboter kein Hindernis durch diesen ergibt, da dessen rotierende Bürste

Wasser durch das Drainagerohr strömen lässt und den Abfluss des Abwassers bei geeigneter Ausbildung der Bürste sogar fördert.

Vorteilhaft ist die Ladestation ferner dazu ausgebildet vom Server empfangene Steuerungsdaten an den Reinigungsroboter zu senden, um einen Betriebszustand des Reinigungsroboters zu verändern. Dies ermöglicht, dass der Datenfluss zwischen Reinigungsroboter und Ladestation bidirektional wird, um den Reinigungsroboter beispielsweise manuell von einem Betriebszustand mit geringer Bürstendrehzahl in einen Betriebszustand mit hoher Bürstendrehzahl zu versetzen. Somit ist es möglich, auf bestimmte Hindernisse bzw. Verunreinigungen individuell zu reagieren, ohne den Reinigungsroboter manuell aus dem Drainagesystem zur Umprogrammierung zu entfernen.

In einen zweiten Aspekt betrifft die Erfindung einen selbstfahrenden Reinigungsroboter für ein Drainagereinigungssystem gemäß einer der genannten Ausführungsformen, umfassend einen Antrieb zur automatisierten Reinigung des Drainagesystems, eine Batterie für den Antrieb und zumindest einen Sensor zum Aufzeichnen von Messdaten, wobei der Reinigungsroboter dazu ausgebildet ist, die Batterie mittels der Ladestation aufzuladen und durch den Sensor aufgezeichnete Messdaten an die Ladestation zu senden.

Dieser Reinigungsroboter schafft somit erstmals die Möglichkeit, in einem Drainagesystem autark zu agieren, d.h. sich selbstständig aufzuladen und zugleich trotz der schlechten Datenverbindungen in einem Drainagesystem in regelmäßigen Abständen Messdaten an einen Server abzusetzen. Die Batterie kann beispielsweise gleichzeitig eine Energiezufuhr für den Fahrtrieb und für einen Reinigungsantrieb, z.B. einer Bürste, darstellen. Der Antrieb kann beispielsweise eine Steuerung wie einen Prozessor mit Programmspeicher umfassen, sodass der Reinigungsroboter das gesamte Drainagesystem gemäß einem vorinstallierten Programm befährt und dabei reinigt.

Bevorzugt umfasst der Reinigungsroboter eine Bürste, die im Betrieb einen Durchmesser von 100 mm – 500 mm aufweist, wobei der Reinigungsroboter ferner einen Fahrkörper aufweist, der in Fahrtrichtung gesehen innerhalb des Umfangs der Bürste liegt. Der Umfang der Bürste ergibt sich in der Regel durch Drehung der Bürste um eine Achse, die im Wesentlichen der Fahrtrichtung des Reinigungsroboters entspricht. Der Durchmesser der Bürste entspricht vorteilhafter Weise einem Innendurchmesser des Drainagerohrs, um eine vollständige Reinigung des Innendurchmessers des Drainagerohrs bei einmaliger Durchfahrt zu ermöglichen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform umfassen die aufgezeichneten Messdaten Neigungsdaten, mittels welcher eine Absenkung des Drainagerohrs bestimmt werden kann. Gegenüber dem artfremden Stand der Technik, bei dem lediglich reinigungsspezifische Messdaten über eine Verschmutzung aufgezeichnet werden, ermöglicht die Aufzeichnung der Neigungsdaten eine Analyse, ob sich Teile des Drainagesystems mit der Zeit absenken, was auch auf den Zustand der Fahrbahn selbst über dem Drainagesystem schließen lässt. Zusätzlich zur Reinigung kann der Reinigungsroboter somit zur Qualitätssicherung des gesamten Tunnelbauwerks bzw. der gesamten Tunnelanlage eingesetzt werden.

Zusätzlich oder alternativ können die Messdaten ferner Temperaturen, pH-Werte, elektrische Leitfähigkeit, Messungen von gefahrenen Distanzen und von einer Kamera aufgezeichnete Bild- und/oder Videodaten zur Überwachung des Reinigungserfolges umfassen. Die Messdaten können entweder automatisch ausgewertet werden, beispielsweise in der Ladestation, im Server oder im Reinigungssystem selbst. Als Reaktion auf die Messdaten kann ein Betriebszustand des Reinigungsroboters automatisch oder manuell geändert werden, z.B. um einzelne Verschmutzungen intensiver zu reinigen.

Bevorzugt weist die Batterie eine Kapazität auf, die ermöglicht eine Strecke von 100 m – 2000 m, bevorzugt 450 m – 1200 m, Fahrmeter mit dem Reinigungsroboter in dem Drainagerohr zu fahren. In den meisten Ausführungsformen entspricht dies zumindest einer doppelten Länge zwischen zwei Ladestationen, sodass noch genug Batteriekapazität besteht, um bei einem vor einer Ladestation befindlichen Hindernis umzukehren und die letzte Ladestation noch zu erreichen.

Um dies zu erzielen, kann der Reinigungsroboter dazu ausgebildet sein, die letzte besuchte Ladestation anzufahren, wenn ein unüberwindbares Hindernis im Drainagesystem festgestellt wird, und bei Erreichen der Ladestation eine Fehlermeldung an den Server zu senden. Derartige Hindernisse können beispielweise manuell entfernt werden, was jedoch gezielt stattfinden kann, da die Position des Hindernisses durch die vom Reinigungsfahrzeug aufgezeichneten Messdaten in der Regel bekannt sein wird.

Bevorzugt kann der Reinigungsroboter wie bereits ausgeführt einen Sendeempfänger umfassen, welcher dazu ausgebildet ist, aufgezeichnete Messdaten unmittelbar, d.h. nicht über einen Sendeempfänger der Ladestation, an den Server zu senden, wenn sich der Reinigungsroboter in der Ladestation befindet. Dies erhöht die Sicherheit der Datenverbindung, da die Ladestation nicht als Drittmittel zum Kommunikationsaufbau verwendet wird.

Zusammen ergeben das eine Ladestation aufweisende erfindungsgemäße Drainagereinigungssystem und der erfindungsgemäße selbstfahrende Reinigungsroboter somit ein selbstreinigendes Drainagesystem, das die oben beschriebenen Vorteile aufweist.

Bevorzugt können in diesem selbstreinigenden Drainagesystem sogar zwei oder mehr Reinigungsroboter vorgesehen werden, beispielsweise wenn das Drainagesystem eine große Länge aufweist.

Vorteilhafte und nicht einschränkende Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt ein selbstreinigendes Drainagesystem mit Reinigungsroboter und Ladestation.

Fig. 2 zeigt die Ladestation von Fig. 1 in einer Seitenansicht.

Fig. 3 zeigt die Ladestation von Fig. 1 in einer ersten Perspektivansicht.

Fig. 4 zeigt die Ladestation von Fig. 1 in einer zweiten Perspektivansicht.

Fig. 5 zeigt die Ladestation von Fig. 1 in einer Draufsicht.

Fig. 6 zeigt den Reinigungsroboter von Fig. 1 in einer Perspektivansicht.

Fig. 7 zeigt den Reinigungsroboter von Fig. 1 in einer Seitenansicht.

Fig. 1 zeigt ein selbstreinigendes Drainagesystem 1 für eine Tunnelanlage mit einem – in der Regel unterirdischen – Drainagerohr 2 zur Drainage von Abwasser. Das Drainagerohr 2 befindet sich im gezeigten Beispiel unter einer Fahrbahn 3 in einem Tunnel, könnte aber auch als Drainagerohr in anderen Einsatzgebieten verwendet werden. Drainagerohre 2 für Drainagesysteme haben üblicherweise eine Größe von DN 160 – 250, d.h. einen Innendurchmesser von 152 mm – 238 mm, allgemeiner jedoch auch von 100 mm – 500 mm.

Um das Drainagerohr 2 unter der Fahrbahn 3 zugänglich zu machen, ist beispielsweise zumindest ein Drainageschacht 4 zwischen dem Drainagerohr 2 und der Fahrbahn 3 angeordnet. Drainageschächte 4 sind in der Regel 60 cm – 100 cm tief und haben einen Abstand von beispielsweise 60 m zueinander. Der Abstand zwischen Drainageschächten 4 kann aber auch nur 10 m oder bis zu 200 m oder mehr betragen. Das Drainagerohr 2 verläuft vor und nach dem Drainageschacht 4, d.h. das Drainagerohr 2 muss nicht einstückig gefertigt sein und kann Unterbrechungen wie Drainageschächte 4 aufweisen. Üblicherweise ist das Drainagereinigungssystem 1 linear, jedoch könnten auch Abzweigungen vorgesehen sein, d.h. am Drainagerohr 2 könnte auch ein weiteres Drainagerohr ansetzen.

In dem zumindest einen Drainageschacht 4 ist bei dem erfindungsgemäßen Drainagereinigungssystem 1 eine Ladestation 5 für einen selbstfahrenden Reinigungsroboter 6 als Reinigungseinheit vorgesehen, wie im Folgenden beschrieben. Es versteht sich jedoch, dass die Ladestation 5 nicht nur in einem Drainageschacht 4, sondern auch an einem anderen Ort, beispielsweise einer gesonderten Ausnehmung oder im/am Drainagerohr 2 selbst angeordnet sein kann.

Der selbstfahrende, nicht-kabelgebundene Reinigungsroboter 6 ist dazu ausgebildet, das Drainagerohr 2 automatisch, d.h. ohne menschliches Zutun, abzufahren und dabei zu reinigen. Dazu weist der Reinigungsroboter 6, wie unten im Detail beschrieben, eine Batterie auf, die in regelmäßigen Abständen von der Ladestation 5 geladen wird, um einen kontinuierlichen Betrieb des Reinigungsroboters 6 zu gewährleisten. In der Regel startet der Reinigungsroboter 6 somit bei einer Ladestation 5, reinigt den Rohrabschnitt des Drainagerohrs 2 bis zur nächsten Ladestation 5 und stoppt dort, um wieder geladen zu werden. Sollte der Reinigungsroboter 6 noch genügend Batteriekapazität aufweisen, dann kann das Laden auch bis zur darauffolgenden Ladestation 5 entfallen. Um den Reinigungsroboter 6 selbstfahrend auszugestalten, kann beispielsweise ein Programm mit einem oder mehreren Betriebszuständen vorgesehen sein, das in einem Speicher des Reinigungsroboters 6 gespeichert und von einem Mikroprozessor des Reinigungsroboters 6 abgearbeitet wird.

Die Figuren 2 bis 5 zeigen eine Ausführungsform der Ladestation 5 des erfindungsgemäßen Drainagereinigungssystems 1 im Detail. Demgemäß setzt die Ladestation 5 an ihrem unteren Ende an einem Abschnitt des Drainagerohrs 2 an, sodass der Reinigungsroboter 6 in die Ladestation 6 einfahren kann. Im Bereich der Ladestation 5 ist das Drainagerohr 2 nach oben hin offen, sodass der Reinigungsroboter 6 aus dem Innenumfang des Drainagerohrs 2 herausgehoben werden kann. Für diesen Zweck umfasst die Ladestation 5 eine Hubeinrichtung 7, die mit einer Hubaufnahme 8 ausgestattet ist. Die Hubaufnahme 8 ist derart ausgebildet, dass sie an den Reinigungsroboter 6 angreifen kann, um diesen zu heben. Sobald der Reinigungsroboter 6 hochgehoben wurde, koppelt ein Ladepunkt 9 mit einem korrespondierenden Kontakt des Reinigungsroboters 6, wodurch eine Batterie des Reinigungsroboters 6 aufgeladen werden kann. Anstelle mittels eines physischen elektrischen Kontakts könnte auch induktiv geladen werden.

Zum Aufladen verfügt die Ladestation 5 über eine geeignete Elektronik, die in einem in der Ladestation 5 angeordnetem Technikschränk 10 untergebracht sein kann. Da Batterien typischerweise mit Gleichstrom aufgeladen werden, kann die Elektronik eine hierfür

notwendige Ladeschaltung umfassen. Überdies kann die Elektronik geeignete Sicherheitsvorrichtungen aufweisen. Die Ladestation 2 kann ihrerseits mit einer externen Stromquelle verbunden sein, um den Reinigungsroboter 6 aufzuladen, beispielsweise mit dem Stromnetz oder mit lokal vorgesehenen Photovoltaikzellen bzw. anderen Energieanlagen.

Um die Ladestation 5 in den Drainageschacht 4 einzubauen, umfasst die Ladestation 5 weitere konstruktive Maßnahmen, wie einen Tragrahmen 11, der im Drainageschacht 4 montiert werden kann, um die Ladestation 2 im Drainageschacht 4 zu verspannen. Hierbei trägt der Tragrahmen 11 die Hubeinrichtung 7 und den Technikschränk 10, sodass diese stationär im Drainageschacht 4 verankert sind. In dieser Ausführungsform kann die Ladestation 5 als Einheit vertrieben werden und einfach in bereits vorhandenen Drainageschächten 4 verbaut werden. Um die Ladestation 5 im Betrieb von der Fahrbahn 3 abzuschotten, kann der Drainageschacht 4 in der Folge mit einem Deckel 12 abgedeckt werden.

Die Ladestation 5 weist überdies einen Sendeempfänger auf, der dazu ausgebildet ist, vom Reinigungsroboter 6 aufgezeichnete Messdaten zu empfangen und diese an einen außerhalb des Drainagereinigungssystems 1 angeordneten Server zu senden. Der Sendeempfänger kann beispielsweise im Technikschränk 10 angeordnet sein. Um die Messdaten vom Reinigungsroboter 6 zu empfangen, können diese beispielsweise über den Ladepunkt 9 übertragen werden, d.h. die Schnittstelle zum elektrischen Laden kann dieselbe sein wie für die Datenübertragung.

Alternativ oder zusätzlich kann auch ein gesonderter Weg der Datenübertragung vorgesehen werden, beispielsweise über NFC (Near-Field Communication), DSRC (Dedicated Short Range Communication) oder WLAN (Wireless Local Area Network). Hierfür können sowohl Ladestation 5 als auch Reinigungsroboter 6 mit entsprechenden Sendeempfängern ausgestattet sein. Auch könnte ein separater physischer Kontakt vorgesehen werden.

Um die vom Reinigungsroboter 6 empfangenen Messdaten an den Server zu senden, kann die Ladestation 5 über ein Kabel mit dem Server verbunden sein. Alternativ oder zusätzlich verfügt die Ladestation über ein Mobilfunk-Modul, mittels welchem die Ladestation 5 die Messdaten über ein Mobilfunknetzwerk an den Server übersenden kann, z.B. mittels UMTS, GSM, 4G oder 5G. Auch hier können verschiedene Varianten vorgesehen werden, beispielsweise können mehrere Ladestationen 5 per Kabel oder WLAN zusammengeschlossen werden, um sich ein Mobilfunk-Modul zu teilen, oder direkt mittels

WLAN mit einem im Tunnel bzw. in der Umgebung angeordnetem Server zu kommunizieren.

Anstelle der in den Figuren 2 – 5 gezeigten Konstruktionen können auch andere Möglichkeiten zum Aufbau der Ladestation vorgesehen werden, insbesondere, wenn diese nicht in einem Drainageschacht 4 angeordnet sind. Beispielsweise könnte der Reinigungsroboter nicht nach oben, sondern auf eine der Seiten oder sogar nach unten bewegt werden, um den Innendurchmesser des Drainagerohrs 2 freizugeben. Alternativ kann die Hubeinrichtung 7 auch entfallen, beispielsweise wenn die Ladestation aus einem im Drainagerohr 1 vorgesehenen Kontakt geladen wird, über den auch die Messdaten übertragen werden. Selbst wenn der Reinigungsroboter 6 während dem Ladevorgang im Drainagerohr 6 verbleibt, kann abfließendes Wasser im Regelfall um diesen selbst bei stillstehender Bürste an diesem vorbeifließen.

In den Figuren 6 und 7 ist der Reinigungsroboter 6 gemäß einer Ausführungsform dargestellt. Demgemäß weist der Reinigungsroboter 6 einen mittels Reinigungsantrieb 13 angetriebenen Bürste 14 auf, um das Drainagerohr 2 zu reinigen. Um sich im Drainagerohr 2 fortzubewegen, hat der Reinigungsroboter 6 zumindest einen Fahrtrieb 15 mit zumindest einem Rad 16. Zusätzlich kann der Reinigungsroboter weitere Fahrtriebe 17 bzw. weitere Räder 18 aufweisen. Ein Fahrtrieb 15, 17 kann auch mehrere Räder 16, 18 aufweisen. Gemeinsam werden der Reinigungsantrieb 13 und die Fahrtriebe 15, 17 im Folgenden als Antrieb des Reinigungsroboters 6 bezeichnet.

Als Energieversorgung für den Antrieb des Reinigungsroboters 6 dient eine Batterie, die beispielsweise im Inneren eines Grundkörpers 19 des Reinigungsroboters 6 angeordnet ist. Der Grundkörper 19 kann dabei seinerseits außenliegende Kontakte 20 für den Ladepunkt 9 der Ladestation 5 aufweisen und derart ausgestaltet sein, dass er von der Hubaufnahme 8 aufgegriffen werden kann. Sollte der Reinigungsroboter 6 einen Sendeempfänger für die Kommunikation mit der Ladestation 5 aufweisen, kann auch dieser im Grundkörper 19 angeordnet werden.

Um während der Reinigung Messdaten aufzuzeichnen, kann der Reinigungsroboter 6 mit einem oder mehreren Sensoren ausgestattet werden. Die Messdaten können in einem Speicher gespeichert werden, der sich beispielsweise im Grundkörper 19 befindet, und nach dem Auslesen der Ladestation 5 wieder gelöscht werden oder für einen vorbestimmten Zeitraum gesichert werden. So könnten die Messdaten einer kompletten Durchfahrt durch das Drainagerohr 2 in einer Richtung oder auch die Messdaten eines oder mehrere Tage in

dem Speicher des Reinigungsroboters 6 gespeichert werden, um die Datensicherheit zu erhöhen.

Ein Sensor zur Aufzeichnung von Messdaten kann beispielsweise eine Frontkamera 21 sein, die Bilder oder Videos in einer ersten Fahrtrichtung R1 aufnimmt. Zusätzlich kann eine Rückkamera vorgesehen werden, die am gegenüberliegenden Ende des Reinigungsroboters 6 angebracht ist, sodass Bilder oder Videos in einer der ersten Fahrtrichtung R1 entgegengesetzten Fahrtrichtung R2 aufgenommen werden können. Aufgenommene Bilder können beispielsweise zur Überwachung des Reinigungserfolgs oder zur Analyse der Art der Verlegung oder Beschädigung des Drainagerohrs 2 ausgewertet werden.

Weitere Messdaten können beispielsweise Temperaturen oder Messungen von gefahrenen Distanzen, d.h. Längenmesswerte, sein. Gefahrene Distanzen werden bevorzugt mittels eines Dead-Reckoning-Systems ermittelt, da der GPS-Empfang in Drainagerohren üblicherweise nicht möglich ist. Insbesondere ist die Aufzeichnung von Neigungsdaten vorteilhaft, z.B. mittels eines Gyrosensors, da hierdurch eine Absenkung des Drainagerohrs 2 bestimmt werden kann. Die Auswertung, ob sich das Drainagerohr 2 bzw. ein Abschnitt dessen absenkt, kann insbesondere im Reinigungsroboter 6, in der Ladestation 5 oder im Server durchgeführt werden. Die Auswertung kann dabei beispielsweise wie folgt erfolgen. In einem ersten Schritt wird die Neigung zumindest eines Abschnitts des Drainagerohrs 2 gemessen. In einem zweiten Schritt wird die Neigung desselben Abschnitts bei einer späteren Durchfahrt des Drainagerohrs 2 nochmals gemessen. Ergibt sich, dass sich die Neigung mit der Zeit verändert, insbesondere vergrößert, hat, kann auf eine Absenkung einer über dem Drainagerohr 2 befindlichen Fahrbahn geschlossen werden.

Zusätzlich zum Senden von Messdaten vom Reinigungsroboter 6 über die Ladestation 5 an den Server kann auch vorgesehen werden, dass die Ladestation 5 vom Server empfangene Steuerungsdaten an den Reinigungsroboter 6 sendet, um einen Betriebszustand des Reinigungsroboters 6 zu verändern. Beispielsweise kann die Fahrtgeschwindigkeit oder die Bürstendrehgeschwindigkeit gesteuert werden. Auch kann aber beispielsweise der im Drainagerohr 2 abzufahrende Weg geändert werden, z.B. anstatt einer Gesamtreinigung nur die Reinigung einer Hälfte des Drainagerohrs 2.

Die genannte Bürste 14 kann beispielsweise um eine Achse angeordnete Borsten aufweisen, sodass die Bürste 14 bei einer Rotation oder Vibration um die Achse, d.h. im Betrieb, einen Durchmesser von 100 mm – 500 mm aufweist. Auch andere Arten von Bürsten können vorgesehen sein, beispielsweise auch nicht-angetriebene Bürsten, die keinen eigenen

Reinigungsantrieb 13 aufweisen. In den meisten Ausführungsformen hat die Bürste 14 entgegen der Fahrtrichtung R1 gesehen einen kreisförmigen Umfang (entweder, wenn diese per Konstruktion zylindrisch ist oder wenn diese durch Rotation oder Vibration von Borsten im Wesentlichen zylindrisch wird), der im Wesentlichen einem Querschnitt des Drainagerohrs 2 entspricht. In diesem Fall liegt der Fahrkörper des Reinigungsroboters 6, d.h. sein Antrieb 13, 15, 17 und sein Grundkörper 19, entgegen der Fahrtrichtung R1 gesehen innerhalb des Umfangs der Bürste 14.

Die Bürste 14 kann ferner derart ausgebildet sein, dass sie bei der Fahrt in die Fahrtrichtung R1 die Geschwindigkeit von in Fahrtrichtung R1 fließendem Abwasser sogar noch weiter erhöht. Dies kann beispielsweise durch eine versetzte Anordnung von Borsten erzielt werden, sodass die Bürste 14 im Wesentlichen die Form eines Flugzeugrotors erhält.

Anstelle oder zusätzlich zu der vorgenannten Ausführungsform, bei der die Ladestation 5 einen Sendeempfänger aufweist, kann der Reinigungsroboter 6 selbst einen Sendeempfänger zur Kommunikation mit dem Server aufweisen. Dieser Sendeempfänger kann sich beispielsweise im Grundkörper 19 befinden und wie der Sendeempfänger der Ladestation 5 ein WLAN-, UMTS-, GSM-, 4G- oder 5G-Sendeempfänger sein. Während der Reinigung besteht üblicherweise keine Kommunikationsverbindung im Drainagerohr 2, weshalb der Reinigungsroboter 6 auch hier abwartet, bis die Ladestation 5 eine Kommunikationsverbindung zum Server ermöglicht. Dies kann beispielsweise geschehen, indem die Hubeinrichtung 7 den Reinigungsroboter 6 in eine Position hebt oder schiebt, an der eine Kommunikationsverbindung besteht. Alternativ kann die Ladestation 5 eine Schnittstelle bereitstellen, mittels welcher der Sendeempfänger des Reinigungsroboters 6 an eine Antenne der Ladestation 5 gekoppelt werden kann. Ferner könnte sogar eine Kabelverbindung vom Server direkt in der Ladestation 5 vorgesehen sein, sodass ein Speicher des Reinigungsroboters 6 vom Server unmittelbar ausgelesen werden kann.

Zurückkommend auf das Gesamtlayout des in Fig. 1 dargestellten selbstreinigenden Drainagesystems 1 können zusätzlich auch Kommunikationsstationen vorgesehen werden, die grundsätzlich wie die Ladestationen 5 ausgebildet werden können, ohne jedoch eine Ladefunktion zu übernehmen. In der Regel werden die Kommunikationsstationen auch nicht über eine Hubaufnahme 8 verfügen, da die Kommunikationsstation nur über einen kürzeren Zeitraum mit dem Reinigungsroboter 6 in Kommunikationsverbindung stehen wird als die Ladestation 5 bei einem Ladevorgang. Im einfachsten Fall ist die Kommunikationsstation daher ein Relay, welches Messdaten vom Reinigungsroboter 6 empfängt und an den Server weiterleitet.

Im Drainagereinigungssystem 1 können Kommunikationsstationen insbesondere an den Umkehrpunkten des Reinigungsroboters 6 eingesetzt werden, z.B. an jedem Ende des Drainagereinigungssystems 1, beispielsweise auch einige Meter außerhalb des Drainagerohrs 2, sodass die Kommunikationsstation nur mittels eines Fahrwegs am Drainagerohr 2 angebracht ist.

Im einfachsten Fall besteht das Drainagereinigungssystem 1 aus einem Drainagerohr 2, bei dem im Wesentlichen mittig eine Ladestation 5 angeordnet ist. Das Drainagerohr 2 hat hierbei auf beiden Seiten eine Länge, die im Wesentlichen der Hälfte der Kapazität der Batterie des Reinigungsroboters 6 entspricht. Dies wird deshalb so gewählt, da hier der Reinigungsroboter 6 bei Erreichen eines Endes des Drainagerohrs 2 umdrehen und die Ladestation 5 wieder erreichen kann, um dort wieder aufgeladen zu werden. Beispielsweise kann die Batterie eine Kapazität von 100 m – 2000 m, bevorzugt 450 m – 1200 m, Fahrmetern aufweisen. Unabhängig vom Layout des Drainagesystems 1 kann der Reinigungsroboter 6 so programmiert werden, dass er beim Erreichen der Hälfte der Batteriekapazität seine Fahrtrichtung ändert, um die letzte Ladestation 5 im Drainagerohr 2 wieder zu erreichen.

Auch können mehrere Ladestationen 5 im Drainagereinigungssystem 1 angeordnet werden. Zwei Ladestationen 5 sind hier beispielsweise in einem Abstand von 50 m – 1000 m, bevorzugt 450 m – 600 m, zueinander angeordnet. Die Batterie des Reinigungsroboters kann hierbei eine Kapazität aufweisen, die zumindest der doppelten Länge zwischen zwei Ladestationen entspricht. Dies deshalb, da der Reinigungsroboter 6 weiterhin nach dem Feststellen eines unüberwindbaren Hindernisses kurz vor einer Ladestation 5 genügend Batteriekapazität aufweisen soll, um die letzte Ladestation 5 zu erreichen. Im Allgemeinen kann der Reinigungsroboter 6 deshalb dazu ausgebildet sein, die letzte besuchte Ladestation 5 anzufahren, wenn ein unüberwindbares Hindernis im Drainagereinigungssystem 1, insbesondere im Drainagerohr 2, festgestellt wird, und bei Erreichen der Ladestation 5 über diese eine Fehlermeldung an den Server zu senden.

Das Drainagereinigungssystem 1 kann auch mehrere Reinigungsroboter 6 aufweisen, beispielsweise einen pro Kilometer Drainagerohr 2. Durch die Kombination aus mehreren Ladestationen 5 und mehreren Reinigungsrobotern 6 kann somit ein selbstreinigendes Drainagereinigungssystem 1 von unbegrenzter Länge geschaffen werden, das sich fast kontinuierlich selbst reinigt.