



Reinigung von Abwasserkanälen mittels Niederdruckspülverfahren

Sewercleaning by the use of the Low-pressure Flush Technology

Von der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität
Dresden zur Erlangen des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte

Dissertation

vorgelegt von:

Dipl.-Ing. Paolo Dapoz
geboren am 13. März 1983 in Bruneck (Italien)

Tag der Einreichung: 13. Januar 2015

Tag der Verteidigung: 29. April 2015

Gutachter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm, Technische Universität Dresden
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner, Universität Rostock

Kurzfassung

In dieser Arbeit wird anfangs dargestellt, wie kostenintensiv und problematisch die Kanalreinigung ausfällt. Durch die demographisch bedingt rückläufigen Schmutzwassermengen und gleichzeitig prognostizierten langen Trockenperioden in den Sommermonaten muss allerdings mit einer verstärkten Akkumulation von Ablagerungen in den Kanalsystemen gerechnet werden. Zudem erweist es sich in Voraussicht auf den Klimawandel als notwendig, den gesamten Kanalquerschnitt für Starkregenereignisse von Ablagerungen freizuhalten; ansonsten ist die häufigere Entlastung des Abwassernetzes in den Vorfluter nach Füllung der vorhandenen Regenrückhaltebecken vorprogrammiert. Die Kanalreinigung wird somit in den nächsten Jahren an Bedeutung gewinnen. Vor allem bei der Reinigung von Großprofilen ist jedoch der Stand der Technik noch nicht ausgereift und die jetzigen Reinigungsmethoden erweisen sich wegen des niedrigen Reinigungserfolges sowie der starken Umweltbelastung durch die genutzten Geräte als ungeeignet.

Durch die in dieser Arbeit vorgestellte und auf den Stand der Technik gebrachte Reinigungsmethode wird jedoch eine leistungsstarke Alternative geboten. In Zukunft wird es möglich sein, große Kanaldurchmesser fast vollkommen umweltneutral zu reinigen und nur mit Hilfe der Wasserkraft das gesammelte Sediment bis zum nachgeschalteten Sandfang zu mobilisieren.

Mit den durchgeführten und hier dargestellten numerischen Versuchen wird in erster Linie eine geometrische Optimierung zur Erreichung der größten Mobilisierungskräfte im Hinblick auf einen ausgewählten Abschnitt der Dresdner Kanalisation vollzogen. In der nachfolgenden physikalischen Modellierung wird der Schwerpunkt auf die optimale Reinigungsgeschwindigkeit gelegt, um ein möglichst großes Volumen an Ablagerungen zu bewegen. Es muss allerdings präzisiert werden, dass während der Modellierung kein Grenzzustand erreicht werden konnte. Dieser wird schließlich durch die folgende analytische Beschreibung des Transportvorganges theoretisch bestimmt. Für das genutzte physikalische Modell wird analytisch ein Grenztransportkörper aus Modellsediment errechnet. Bei einer Hochrechnung auf den dazugehörigen vorhandenen Abschnitt im Dresdner Kanalnetz durch Ansetzen des Ähnlichkeitsgesetzes wird ein mobilisierbares Grenzvolumen überschlagen.

Die hier dargestellten Ergebnisse der theoretischen Untersuchungen bzw. der physikalischen Modellierung wurden mit den Betreibern und den Herstellern des neuen Stauwagens diskutiert und hinsichtlich konstruktiver Schwerpunkte optimiert. Unter besonderer Berücksichtigung der Kostenoptimierung und der konstruktiven Realisierung wurde von der Firma „WKS Technik GmbH“ ein Forschungsmuster zur Untersuchung in einer Pilottestphase entwickelt und gebaut.

In der nachfolgenden dargestellten Testphase wurde das Ergebnis als Pilotprojekt im Dresdner Kanalnetz in mehreren Testläufen erprobt und untersucht. Nach jedem Testlauf wurden die aufgetretenen Probleme analysiert und durch Umbauten oder Veränderungen behoben. Regelmäßige Reinigungsfahrten sollten wegen der geringeren Ablagerungsmengen ein gleichmäßiges Fahren gewährleisten bzw. die Ablagerungen vollständig mobilisieren und bis zum Sandfang transportieren, um sie dort zu entnehmen.

Während der Testphase wurde eine viel höhere Sedimentmenge gesammelt und transportiert als die, welche sich aus der analytischen Berechnung ergab. Dies folgte aus dem beim Naturversuch zugelassenen höheren Aufstauniveau hinter dem Spülwagen, welches ausnahmsweise zugelassen wurde, um auf eine zwischenzeitliche Sedimentabsaugung zu verzichten.

Abstract

The early pages of this research thesis demonstrate how costly and problematic sewer cleaning is. Due to changing demographics causing declining amounts of wastewater and, at the same time, to predicted long dry spells during the summer months, an increased accumulation of sediments in the sewer systems has to be expected. With respect to climate change it is necessary to keep the entire sewer cross section free of sediments in order to manage heavy rainfall events; otherwise a more frequent relief of the wastewater system into the receiving water is inevitable once the rain retention basins have been filled. Thus sewer cleaning will gain in importance within the next few years. Predominantly the cleaning of large-diameter profiles, however, has not reached a state-of-the-art technology, and the current cleaning methods prove themselves to be inapt due to their very limited success as well as to the environmental burden posed by the equipment they employ. The state-of-the-art cleaning method presented in this research paper constitutes a high-powered alternative. In the future, it will be possible to clean large sewer cross sections almost entirely in an environmentally neutral fashion and to mobilize the accumulated sediment all the way to the downstream sand trap by exclusively harnessing water power.

The numerical experiments conducted for this paper primarily effected a geometric optimization to achieve the maximal mobilization forces in a selected section of Dresden's sewer system. In the subsequent physical modeling the emphasis is placed on the optimal cleaning speed in order to move a maximum volume of sediments. It has to be clarified, however, that no limit state could be reached during the modeling procedure. This limit state is determined theoretically only through the following analytical description of the transport process. For the physical model at hand, the maximum transportable sediment volume made of model sediment is calculated analytically. In an extrapolation for the associated existent section in the Dresden sewer system, a mobilizable limit volume is estimated applying the law of similarity.

The results of the theoretical analysis and the physical modeling presented in this work were discussed with the operators and manufacturers of the new storage vehicle and were optimized with regard to constructional core aspects. In special consideration

ABSTRACT

of the cost optimization and the constructional realization, the „WKS Technik GmbH“ company developed and constructed a research prototype for a survey in a pilot test phase.

During the subsequent test phase, the result was tried out and examined as a pilot project in several trial runs in Dresden’s sewer system. After each trial run, the problems which had occurred were analyzed and then eliminated through constructional modifications or other alterations. Regular cleaning runs were intended to guarantee a steady movement of the cleaning vehicle due to a reduced amount of sediments, or to completely mobilize the sediments and transport them to the sand trap in order to remove them there.

The sediment volume actually gathered and transported during the test phase was significantly larger than the one derived from the analytical calculation. This increase results from greater storage depths behind the flush car, which were permitted as an exception for the field test in order to go without any interim sediment extractions.