



ABWASSER ABFALL

Zeitschrift der



Perfekte Durchflussmessungen - perfekte Lösungen

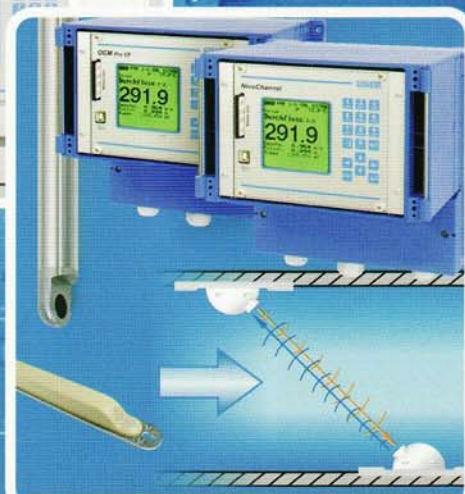


Dienstleistungen

- Niederschlag-Abfluss-Messungen
- Fremdwasseranfall
- Schmutzfrachten
- Staatlich anerkannte Prüfstelle für Durchflussmessungen



testen Sie die Kommunikation
zu unserem neuen OCM Pro CF



Durchfluss stationär

- Hochgenaue, direkte Messung des Geschwindigkeitsprofils in teil- und vollgefüllten Rohren, Kanälen, Flüssen sowie Gerinnen
- für industrielle und kommunale Abwässer und Oberflächengewässer
- Internetanbindung



Durchfluss portabel

- Hochgenaue Messungen in teil- und vollgefüllten Kanälen durch Erfassung des Geschwindigkeitsprofils
- schnelle Montage und Inbetriebnahme

3 D-Dokumentation von Anschlusskanälen und Grundstücksentwässerungsleitungen

Ortung und Inspektion im Untergrund

Hans Heister, Wolfgang Reinhardt, F. Wolfgang Günthert und Darius Cvaci (Neubiberg)

Zusammenfassung

Bei der Inspektion der Abwasserkanäle ist es von Vorteil, wenn solche Verfahren angewendet werden, die außer der TV-Inspektion auch eine Ortung des Entwässerungssystems ermöglichen. Eine detaillierte Kenntnis der Lage der Abwasserleitungen und deren Einbindung in ein kommunales GIS erleichtert die Instandhaltungsplanung sowie die Abstimmung der Sanierungsmaßnahmen im privaten Bereich mit denen im öffentlichen Bereich. Für diese vielfältigen Zielsetzungen wurde das autonome Multisensorsystem ASYS – Automatisches System zur unterirdischen Ortungs- und Kanalverlaufsvermessung – konzipiert, das sowohl die komplexen Aufgaben der dreidimensionalen Ortung, der Inspektion als auch der Dokumentation erfüllt. Es wird der Aufbau, die Funktionalität sowie der praktische Einsatz von ASYS vorgestellt und abschließend bewertet.

Schlagwörter: Grundstücksentwässerung, Rohrleitung, TV, Inspektion, Geographisches Informationssystem, Ortung, Dreidimensional, Schaden

Abstract

3 D-Documentation of Connections and Private Drainage Systems

Underground Navigation and Inspection

Sewer inspection methods that are not limited to TV inspection only, but are also able to locate drainage systems should be the method of choice. Detailed knowledge of the location of drains and their integration into a municipal GIS facilitate the planning of repair work and coordination of rehabilitation measures on private premises with those on public premises. For these multi-purpose applications, the autonomous multi-sensor system ASYS – Automatic Underground Locating and Measurement System for Drains – was developed, which is able to perform three complex tasks, i.e. three-dimensional location, inspection, and documentation. The paper describes and evaluates ASYS's structure, functionality and its practical use.

Key words: private sewerage system, pipeline, TV, inspection, geographic information system, location, three-dimensional, damage

1 Einführung

Die Instandhaltung von Grundstücksentwässerungsanlagen hat in den letzten Jahren stetig an Bedeutung gewonnen. Während heutzutage weitgehende Informationen über den Bestand (Lage, Zustand und Längen) der öffentlichen Kanalisation vorliegen, ist dies für die Grundstücksentwässerungsanlagen noch nicht der Fall. Für das private Entwässerungsnetz sind deutlich weniger Informationen vorhanden. Laut der DWA-Umfrage [1] wird die private Kanalisation auf ca. die doppelte Kanallänge geschätzt, und liegt somit bei ca. 900 000 km. Diese Schätzung konnte auch im Rahmen der Zustandsuntersuchungen, die an der Universität der Bundeswehr München durchgeführt worden sind, bestätigt werden [2]. Das private Entwässerungsnetz befindet sich anhand der durchgeführten Auswertungen in einem schlechteren Zustand als das der öffentlichen Kanalisation.

Im Rahmen der Untersuchungen der Universität der Bundeswehr München [2] wurden insgesamt über 30 Kilometer Abwasserleitungen von Grundstücksentwässerungsanlagen (GEA) bestehend aus öffentlichen GEA (z. B. Schulen, Rathäuser etc.) und private GEA (wie z. B. Ein- und Mehrfamilienhäuser) ausgewertet. Die Auswertung zeigte, dass sich die private Kanalisation in einem schlechten Zustand befindet. Besonders betroffen sind die privaten GEA mit einem durchschnittlichen Schadensanteil von ca. 70 Prozent. Die maximale Schadensrate bei privaten GEA, die bei der optischen Inspektion festgestellt wurde, lag sogar bei ca. 91 Prozent. Die öffentlichen GEA zeigen sich in einem besseren Zustand mit einem durchschnittlichen Schadensanteil von ca. 50 Prozent. Im Vergleich beträgt der kurz- und mittelfristig sanierungsbedürftige Anteil der öffentlichen Kanalisation ca. 17 Prozent [1]. Abbildung 1 zeigt einen Vergleich bezüglich der Anzahl von Schäden/km und den festgestellten Schaden für öffentliche und private Grundstücksentwässerungsanlagen für Steinzeug.

Der erhöhte Schadensanteil im privaten Bereich ist vor allem durch nicht fachgerechte Ausführung und mangelhafte Unterhaltung verursacht [3]. Abgesehen von dem schlechteren Zustand ist die Lage der privaten Kanalisation zum Teil unbekannt. Gründe dafür sind teils ungenaue oder sogar fehlende Entwäs-

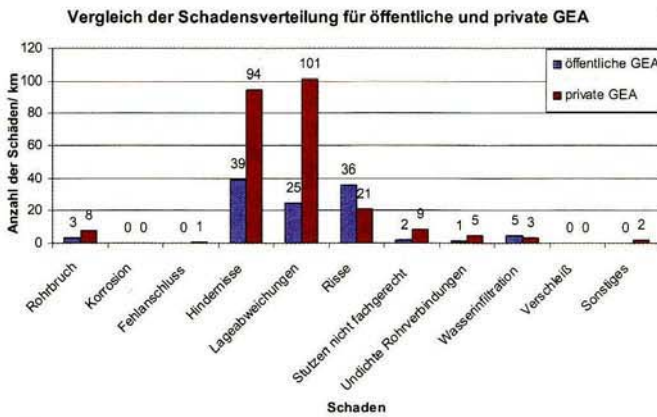


Abb. 1: Vergleich der Schadensverteilung für öffentliche und private Grundstücksentwässerungsanlagen für Steinzeug [2]

serungspläne. Die Kenntnis der Lage ist jedoch Voraussetzung für eine umfassende Inspektion und Prüfung dieser Leitungen. Deswegen ist es bei der Inspektion der Abwasserkanäle von Vorteil, wenn solche Verfahren angewendet werden, die außer der TV-Inspektion auch eine Ortung des Entwässerungssystems ermöglichen. Eine detaillierte Kenntnis der Lage der Abwasserleitungen und deren Einbindung in ein kommunales GIS System erleichtert die Instandhaltungsplanung sowie die Abstimmung der Sanierungsmaßnahmen im privaten Bereich mit denen im öffentlichen Bereich.

Aufgrund der geltenden rechtlichen Vorgaben, sind die Abwasserleitungen so zu betreiben, dass sie dicht sind. Dies gilt sowohl für die öffentliche als auch für die private Kanalisation. Diese Anforderung ergibt sich aus der DIN 1986 Teil 30 [4], nach der die Überprüfung der privaten Kanalisation bis spätestens Ende 2015 erfolgen muss.

Um die rechtlichen Vorgaben im privaten Bereich auch einhalten zu können, sind ganzheitliche Strategien zur lückenlosen Dokumentation der Zustands- und Lageerfassung aller Abwasserleitungen erforderlich. An dieser Stelle setzt das System „ASYS – Automatisches System zur unterirdischen Ortungs- und Kanalverlaufsvermessung“ an. ASYS wurde an der Universität der Bundeswehr München mit Unterstützung von JT-Elektronik entwickelt. Dabei standen folgende Ziele im Vordergrund:

- Aufnahme des dreidimensionalen Verlaufs der unterirdischen Hausanschlussleitungen in kleinem Durchmesser DN 100–150,
- Genauigkeit: ca. 0,5 m auf 25 m Entfernung,
- Aufnahme in Verbindung mit der TV-Inspektion,
- Führung des Operators/Steuerung von Inspektion und Aufnahme der Leitungen,
- Robustheit gegen Umwelteinflüsse und Störungen,
- geringe Systemkosten,
- einfache Bedienbarkeit,
- exakte geometrische und topologische Beschreibung des Netzes und relevanter Einzelpunkte bzw. Leitungsschnitte,
- Berücksichtigung von Bestandsinformationen (Attributierung) und
- Möglichkeit der digitalen Weiterverarbeitung der Daten an eingeführte CAD- bzw. GIS-Software.

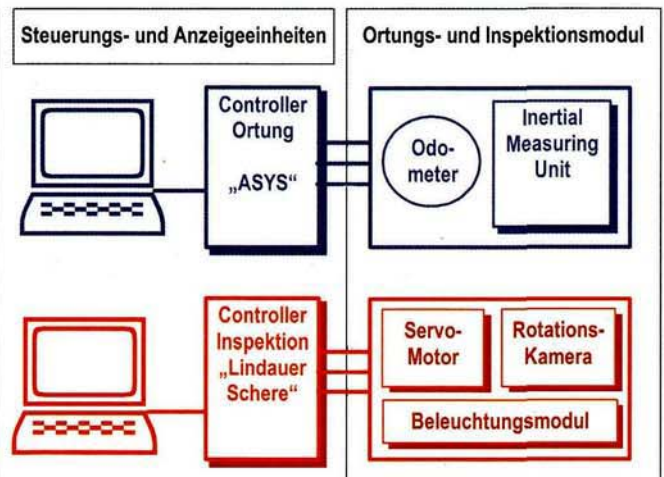


Abb. 2: Schematischer Aufbau des Ortungs- und Inspektions-systems

2 ASYS – Systemüberblick

Für die bereits erwähnten vielfältigen Zielsetzungen wurde ein autonomes Multisensorsystem konzipiert, das sowohl die komplexen Aufgaben der dreidimensionalen Ortung, der Inspektion als auch der Dokumentation erfüllt. Ein schematischer Überblick des gesamten Aufbaus wird in Abbildung 2 wieder gegeben.

Ortung und Inspektion bilden grundsätzlich zwei unterschiedliche Module – ASYS und Lindauer Schere –, die getrennt von zwei Controllern gesteuert werden. Die Lindauer Schere beinhaltet eine Satelliten-Rotationskamera mit der Vorrichtung zur fortlaufenden Kanal- und Abzweig-Inspektion.

Außer dem Odometer sind jedoch alle Sensoren in kompakter Bauweise in einer Vorschubeinheit platziert, sodass auch kleine Kanaldurchmesser von DN 100 Durchmesser durchfahren werden können. Zur besseren Veranschaulichung zeigt Abbildung 3 eine mobile Anlage mit der Lindauer Mini-Schere und integriertem Ortungsmodul ASYS. Für die Praxis werden unterschiedliche Systemvarianten benötigt, die sowohl Haupt- als auch Nebenkanäle aufnehmen können und in den Betriebsmodi des einfachen Schiebetriebes sowie in dem des aufwen-

www.
AQUADATA.de

**Die Redox-Regelung,
das Original !**

Regelung der Nitrifikation / Denitrifikation
Nach- und Umrüstung bestehender Kläranlagen
Kontrolle der Schlammstabilisierung

AQUADATA Abwassertechnik GmbH
Friedrich-Seele-Straße 1b • 38122 Braunschweig
Tel.: (05 31) 50 14 52 • Fax: (05 31) 50 09 07
E-Mail: info@aquadata.de



Abb. 3: Mobile Inspektionseinheit für den Schiebetrieb

digeren Spülbetriebs von einem speziellen Fahrwagen aus einsetzbar sein müssen. Ein solches System, eingebaut in einem speziellen Messwagen, wird in den Abbildungen 3 und 4 vorgestellt.

In den letzten zwei Jahren konnte von den Autoren an der Universität der Bundeswehr München zusammen mit der Firma JT-elektronik das Ortungssystem ASYS entwickelt und in die oben beschriebenen Systeme integriert werden. Nachfolgend soll deshalb auf diese spezielle Entwicklung näher eingegangen werden.

2.1 Das Ortungsmodul ASYS

Zur unterirdischen Ortung eignen sich nur Sensorsysteme, die in der Lage sind, möglichst redundant und autonom, d. h. ohne fremde von außen zugeführte Zusatzinformationen, eine Positionsbestimmung in vorgegebenen diskreten Schritten zu ermöglichen. Ein solches Sensorsystem ist eine Inertial Measuring Unit (IMU), die es mit einem bestimmten Auswertalgorithmus ermöglicht, direkt 3D-Koordinaten des Bewegungsverlaufs zu bestimmen. Die besondere Herausforderung bei der Ent-

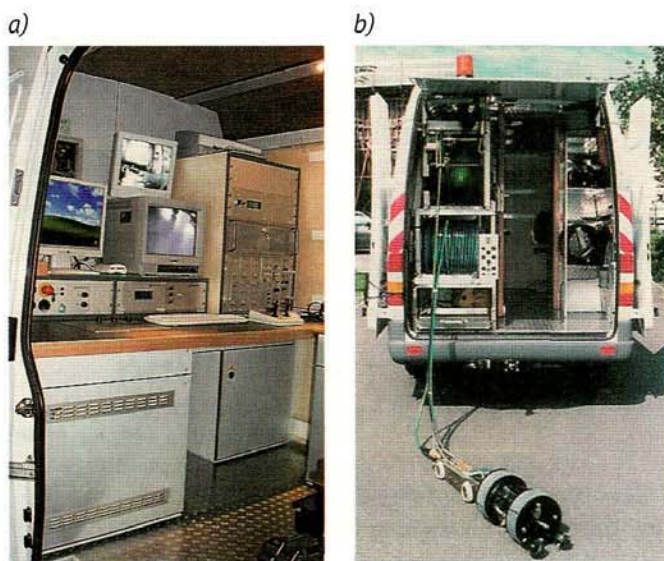


Abb. 4: Inspektionsfahrzeug für den Spülbetrieb: a) Einbau – Controllersysteme; b) Fahrwagen mit Satellit für Inspektion und Ortung

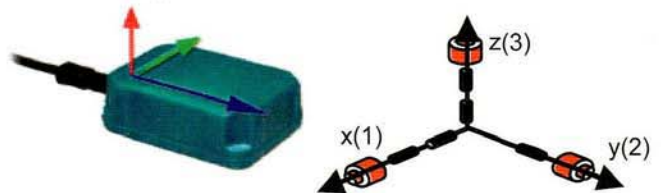


Abb. 5: Motion Tracker XSens MT9

wicklung von ASYS bestand darin, zum einen eine räumliche Integration in der Lindauer Mini-Schere zu ermöglichen, zum anderen eine Low-cost-Lösung zu erreichen, um in einem wirtschaftlich vertretbaren Rahmen das Gesamtsystem anbieten zu können.

Als Sensor wurde deshalb der Motion Tracker XSens MT9 ausgewählt, der bereits auf den Gebieten der Biomechanik [5] und Virtual Reality [6] eingesetzt wird. Er verkörpert eine vollständige, miniaturisierte IMU ($39 \times 54 \times 28$ mm, Abbildung 5), die neben drei Vibrationskreiseln und drei Beschleunigungssensoren zusätzlich drei Magnetfeldsensoren enthält.

Die Eigenschaften des MT9 können wie folgt zusammengefasst werden:

- Datenausgabe:
 - 3D – Orientierung (Eulerwinkel und Quaternionen),
 - 3D – Drehraten durch Vibrationskreiselmessungen,
 - 3D – Beschleunigungsmessungen,
 - 3D – Magnetfeldmessungen.
- Genauigkeit der Ruhelage: ca. 1° .
- Genauigkeit während der kinematischen Bewegung: ca. 3° .
- Drift der Drehraten während der Bewegung: ca. $1^\circ/\text{Minute}$.
- Messfrequenz: 25–512 Hz.
- Schnittstelle: RS 485, erlaubt maximale Kabellänge von 1200 m.
- Softwaremodule zur Einbindung in eigenen Applikationen.

Eigene Untersuchungen und umfangreiche Tests unter Einbeziehung der typischen Bewegungsabläufe bei der Kanalinspektion [7] führten zu einer Abschätzung der Messunsicherheit für die Richtung von $< 1,5^\circ$. Zur Verbesserung und Stabilisierung der Koppelnavigation können noch visuelle Zusatzinformationen aus der Inspektion über den Kanalverlauf in eine spezielle Auswertalgorithmik integriert werden, so dass die Forderungen nach „5 dm-Genauigkeit“ auf eine Inspektionsdistanz von ca. 25 m erreicht werden kann. Einen Überblick über die Berechnung der Ortungsinformation und weitere Schritte gibt Abbildung 6.

2.2 Steuermodul ASYS

Die Bedienoberfläche der Steuersoftware ist gekennzeichnet durch eine einfache, übersichtliche Struktur, um so den Inspektions- und Messvorgang soweit wie möglich von zusätzlichen Eingaben, Steuerbefehlen und anderweitigen Manipulationen zu entlasten. Während die eigentliche Ortungs-Software kontinuierlich im Hintergrund läuft, kann sich der Inspekteur voll auf die Kamerasteuerung und die notwendigsten Eingaben zur Schadensdokumentation konzentrieren. Währenddessen wird in Echtzeit der 3D-Verlauf dargestellt (Abbildung 7), sodass jederzeit zum einen der topologisch korrekte Aufbau der GEA, zum anderen aber auch die aktuelle Position der Kamera visuell verfolgt werden kann. Automatisch nummerierte Messpunkte ermöglichen die Zuordnung von Knickpunkten, Abzweigen,

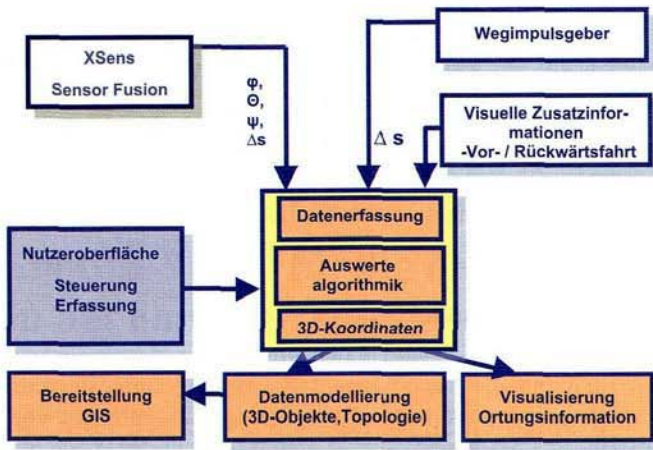


Abb. 6: Berechnung der Ortungsinformation, Datenmodellierung und -übergabe

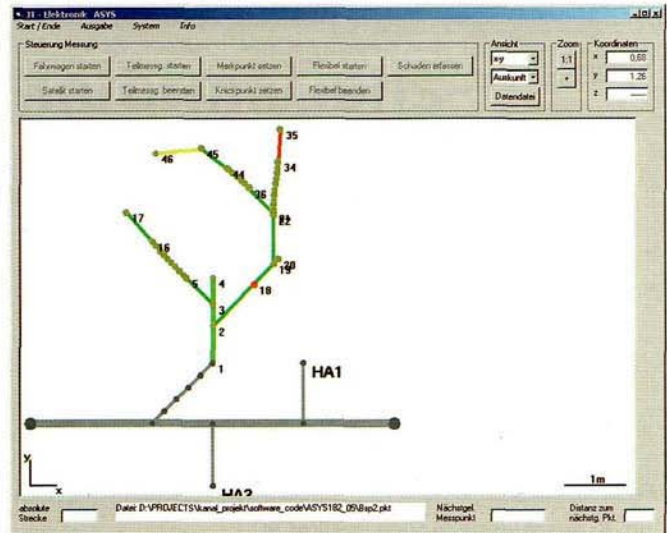


Abb. 7: Dokumentation des Kanalverlaufs

Schadstellen oder Endpunkten. Eine spätere Übergabe an das Inspektionsprogramm, wo je nach Anforderungen eine ausführlichere Attributierung der Schadensaufnahme möglich ist, z. B. nach den Vorgaben von Isybau, kann über entsprechenden Datenaustausch erfolgen.

Nach Abschluss der Inspektionsarbeiten kann sowohl eine tabellarische und graphische Ausgabe der ASYS-Dokumentation als auch ein Datenexport in weiterführende CAD-/GIS-Produkte

erfolgen. Durch die Nutzung dieser Daten in einem GIS eröffnen sich vielfältige Auswerte- und Analysemöglichkeiten, vor allem auch durch die Möglichkeit der Verknüpfung mit anderen Daten- und Informationsebenen, wie z. B. Abflusskartierungen, Bodenarten, Grundwasserstände, Indirekteinleiterverzeichnisse, Kataster usw. Im Rahmen dieses Beitrags kann auf diese Möglichkeiten nicht weiter eingegangen werden. Entsprechende Ausführungen sind in [8] zu finden.

Betriebsproblemen auf der Spur... Die Lösung: FUCHS Wendelbelüfter - kaufen oder mieten

- kostengünstige Nachrüstung oder Sanierung von Belebungs- und Klärteichanlagen
- unkomplizierter Umbau von Vor- und Nachklärbecken zu Belebungsbecken

Ihre Vorteile:

- schnelle und einfache Installation
- feinblasige Belüftung
- effiziente Durchmischung
- zuverlässig und wartungsarm
- preisgünstig & effektiv



Sprechen Sie uns an.
Wir sind flexibel und können kurzfristig eine Lösung für Ihre Probleme anbieten.

Fuchs Gas- und Wassertechnik GmbH
Stocktal 2
56727 Mayen · Germany
fon: 0 26 51-80 04 0
info@fuchs-germany.com
www.fuchs-germany.com



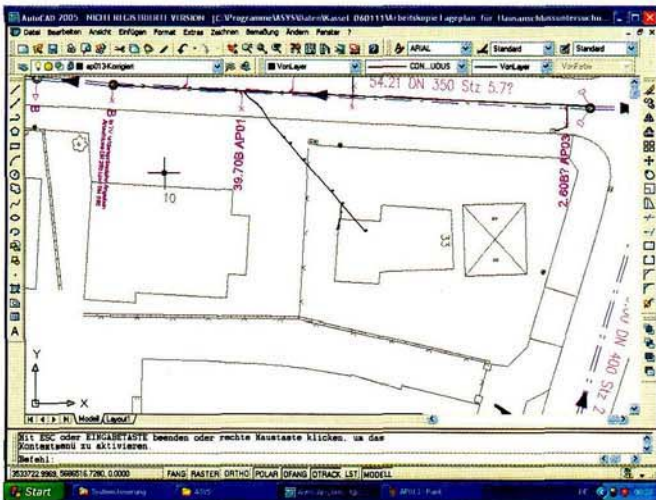


Abb. 8: Anschlussleitungen in AutoCAD

3 Praktische Erfahrungen

Erfahrungen mit ASYS konnten seit Mitte 2005 in zahlreichen Einsätzen bei verschiedenen Nutzern gewonnen werden.

Dabei haben sich folgende Vorteile des Systems herausgestellt:

- Einfache dem bisherigen Inspektionsverlauf angepasste Bedienung,
- Basis-Attributierung durch einfaches Identifizieren in der graphischen Oberfläche,
- geringer zusätzlicher zeitlicher Aufwand für die Vermessung,
- einfacher Export der gewonnenen Daten und Informationen in eingeführte CAD- und GIS-Software,
- einfache graphische Georeferenzierung in bestehende Katasterpläne und
- Robustheit des Systems gegen Umwelteinflüsse und Störungen.

Darüber hinaus wurden und werden in einem noch andauernden Pilotprojekt der Stadt Kassel umfangreiche Aufnahmen mit dem System ASYS gemacht. Eine abschliessende Analyse und Bewertung dieser Aufnahmen ist in Vorbereitung. Die bisherigen Ergebnisse zeigen aber bereits die Eignung des Systems, wobei nicht nur die eigentliche Schadensdokumentation



Abb. 9: Bestandsdokumentation in Katasterplänen

positiv zu bewerten ist, sondern auch die 3D-Geometrie des Kanalverlaufs (hier insbesondere die Höhe), die für weiterführende Planungen des Kanalnetzes eine wertvolle Informationen darstellt. Aus diesem Projekt enthält die Abbildung 8 eine Hausanschlussleitung zusammen mit der Katasterinformation für einen kleinen Ausschnitt nach der Übernahme in das System AutoCAD über die ASYS-DXF-Schnittstelle. Abbildung 9 zeigt ebenfalls Katasterdaten sowie die Hauptkanäle und die aufgenommenen Anschlussleitungen für diesen Ausschnitt.

4 Fazit und Ausblick

Mit dem System ASYS wird in diesem Beitrag erstmals ein System zur Aufnahme und Dokumentation des dreidimensionalen Verlaufs von unterirdischen Abwasseranschlussleitungen vorgestellt. Das System hat sich in ersten Tests in der Praxis bewährt und wird entsprechend von den Anwendern angenommen und eingesetzt.

Wie es bei Neuentwicklungen üblich ist, stehen natürlich Wünsche und Weiterentwicklungen an, im Wesentlichen betreffen diese die weitere Steigerung der Genauigkeit, vor allem bei längeren Leitungen, das Zusammenspiel mit der Inspektionssoftware und eine weiter automatisierte Übernahme von Auftragsinformationen wie Straßennamen und Haltungsinformationen, um die Übernahme und Übergabe von Daten von/ins GIS noch komfortabler zu gestalten.

Dank

Bei der Entwicklung waren Dipl.-Ing. Frank Hümmer, M. Sc. Admire Kandawasvika und Dipl.-Ing. Markus Penzkofer maßgeblich beteiligt. Weiter bedanken wir uns bei Dipl.-Ing. Ulrich Jöckel (JT-elektronik) für die Förderung und die gute Zusammenarbeit.

Literatur

- [1] Berger C., Lohaus J.: Zustand der Kanalisation in Deutschland, Ergebnisse aus der DWA-Umfrage, Hennef, 2004, www.dwa.de/download/Kanalisation_De2004.pdf
- [2] Cvaci, D., Günthert F.W.: Grundstücksentwässerungsanlagen, Zustandsdaten und Handlungsempfehlungen, GWA, Nr. 3 2007
- [3] Günthert F.W.: Ursachen von Schäden in Abwasserkanälen, Wasser und Abfall, Nr. 5 1999
- [4] DIN 1986 – Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Teil 30: „Instandhaltung“
- [5] Moore, S. T., MacDougall, H. G., Gracies, J.-M., Cohen, H. S., Ondo, W. G., 2006, Long-term monitoring of gait in Parkinson's disease, Elsevier, Science Direct, Gait & Posture, September 2006
- [6] Hol, J. D., Schön, T. B., Gustafsson, F., Slycke, P. J.: Sensor Fusion for Augmented Reality, The 9th International Conference on Information Fusion, Florenz, Italien, 10 – 13 Juli 2006
- [7] Heister, H., Hümmer, F., Reinhardt, W.: Machbarkeitsstudie zum Ausbau eines Ortungssystems für Leitungsinspektion, UniBwM, Neubiberg, unveröffentlicht, 2004
- [8] JT-Seminar, 2007, 20. Lindauer Seminar, Praktische Kanalisationstechnik – Instandhaltung von Kanalisationen (www.jt-elektronik.de/rueckblick/seminar2007/index.html)

Autoren

Prof. Dr. Hans Heister (Institut für Geodäsie), Prof. Dr. Wolfgang Reinhardt (Professur für Geoinformatik), Prof. Dr. Ing. F. Wolfgang Günthert, Dipl.-Ing. Darius Cvaci (Institut für Wasserwesen Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik) Universität der Bundeswehr München Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg E-Mail: h.heister@unibw.de

