

# gwf

Wasser  
Abwasser

2-3 / 2009

Jahrgang 150

**WASSER  
BERLIN**

30. März bis  
3. April 2009

ISSN 0016-3651

**B 5399**



Oldenbourg Industrieverlag München  
[www.gwf-wasser-abwasser.de](http://www.gwf-wasser-abwasser.de)

# Sonderdruck

**geoASYS – ein System zur  
Dokumentation des Verlaufes von  
Grundstücksentwässerungsanlagen**

# geoASYS – ein System zur Dokumentation des Verlaufes von Grundstücksentwässerungsanlagen

## Aufnahme und Dokumentation als Basis einer ganzheitlichen Betrachtung

Grundstücksentwässerungsanlagen, Dokumentation, Positionsbestimmung, Topologie, Visualisierung, geo-ASYS

Arno Bauer, Hansbert Heister und Wolfgang Reinhardt

*Nachdem die öffentlichen Kanalnetze viele Jahre im Mittelpunkt der Betrachtungen standen, findet aktuell ein Wandel statt: Die Grundstücksentwässerungsanlagen rücken in den Mittelpunkt des Interesses, da erkannt wurde, dass hier auf Grund vieler vermuteter, aber bezüglich Ausmaß und Lage bisher unbekannter Schäden ein hohes Risiko für Mensch und Umwelt besteht. In diesem Beitrag werden verschiedene Aspekte von Grundstücksentwässerungsanlagen betrachtet. Der 1. Abschnitt erläutert den Hintergrund, gesetzliche Grundlagen sowie die technische Herangehensweise. Im 2. Kapitel wird das System geo-ASYS skizziert, das im Rahmen einer „Private Public Partnership“ (PPP) zwischen dem Entwässerungsbetrieb der Stadt Kassel, der Firma JT-Elektronik GmbH, Lindau, und der Universität der Bundeswehr München (die Bereiche des 2. und 3. Autors) weiterentwickelt und zur Einsatzreife gebracht wurde. Im letzten Abschnitt wird über erste praktische Erfahrungen mit diesem System berichtet, wobei erreichte Genauigkeiten innerhalb eines kontrollierten Tests, die Vorgehensweisen und Kosten im Mittelpunkt stehen.*

**geoASYS-a system for the documentation of private drainage systems – Recording and documentation as base for a holistic treatment of all drainage systems**

*For many years public drainage systems were considered as the central point of maintenance, but now we notice a change of viewpoints: Drainage systems in private properties are coming into focus, because supposed damages – whose dimensions and locations are mostly unknown – could cause high risks for humans and the environment.*

*This article points out different aspects of private drainage systems. Background, legal requirements and the technical approach are explained in chapter 1. The capturing system geo-ASYS, which was further developed and adopted to practical requirements in the frame of a “Private Public Partnership” (PPP) of the public sewer service of Kassel town, the company JT-Elektronik GmbH in Lindau and the University of the Bundeswehr München (the institutes of the second and third author) is delineated in chapter 2. First experiences from a controlled practical test are presented in the last chapter with a focus on the reached accuracy, the procedures and the related costs.*

## 1. Einführung und Hintergrund

### 1.1 Allgemeines

Die Grundstücksentwässerungsanlagen (GEAs) in Deutschland, deren Länge in Fachkreisen auf 1 500 000 km geschätzt wird, also auf die drei- bis vierfache Länge des öffentlichen Kanalnetzes, rücken mehr und mehr in den Fokus von Fachleuten. Dieser weitergehende Betrachtungsansatz ist nur logisch wenn man bedenkt, dass in den letzten 20 Jahren das fachliche Interesse größtenteils auf die öffentlichen Abwasserkanäle gerichtet war [1]. Aufgrund dieser Historie sind Lage und Zustand der öffentlichen Kanäle weitreichend bekannt [2]. Die dabei erkannten Schäden, insbesondere die der Schadensklassen SK0 und SK1 [3] sind bereits in den letzten Jahren nachhaltig beseitigt worden. Alle Erkennt-

nisse wurden gesammelt und in Datenbanken oder komfortablen, weit verbreiteten Geoinformationssystemen zur Dokumentation und Archivierung gespeichert. Mit diesem Wissensstand und langjährigen Erfahrungen wurden diese Untersuchungs- und Dokumentationssysteme zu leistungsfähigen und im Arbeitsalltag unentbehrlichen Werkzeugen.

Aus diesen Gründen wird mehr und mehr über den ganzheitlichen Ansatz der Abwasserableitung nachgedacht. Die privaten GEAs in Sanierungsbetrachtungen einzubeziehen und daraus resultierende Sanierungsstrategien werden von den Fachleuten als richtig empfunden und teilweise schon technisch umgesetzt.

Nicht außer Betracht lassen darf man an dieser Stelle die Gesetzgebung, die in den letzten Jahren hinsichtlich der



GEAs verschärft wurde [4]. In den meisten Wassergesetzen unserer Bundesländer haben die GEAs ihre Berücksichtigung gefunden, so lautet es beispielsweise im Hessischen Wassergesetz:

*§ 43 Abwasserbeseitigungspflicht*

...

*(2) Die Abwasserbeseitigungspflichtigen haben den ordnungsgemäßen Bau und Betrieb der Zuleitungskanäle zum öffentlichen Kanalnetz zu überwachen oder sich entsprechende Nachweise vorlegen zu lassen [5].*

An dieser Stelle muss jedem der Abwasserbeseitigungspflichtigen klar sein, dass er die Verantwortung für einen wesentlichen Anteil der GEAs per Gesetz übertragen bekommen hat und somit die gesetzlichen Inhalte umsetzen muss. Dieser Paragraph stellt jeden Verantwortlichen in Hessen vor die Entscheidung, den ordnungsgemäßen Bau und Betrieb der Zuleitungskanäle zum öffentlichen Kanalnetz zu überwachen oder sich entsprechende Nachweise vorlegen zu lassen.

## 1.2 Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben bei der Stadtentwässerung Kassel

Im Rahmen eines langen und intensiven Diskussionsprozesses aller beteiligten, verantwortlichen Personen im Hause des Kasseler Entwässerungsbetriebes wurde Mitte 2006 eine Grundsatzentscheidung getroffen: Der Kasseler Entwässerungsbetrieb überwacht den ordnungsgemäßen Bau und Betrieb der Zuleitungskanäle zum öffentlichen Kanalnetz im eigenen Aufgabenbereich. Mit dieser wichtigen Entscheidung wurden die Weichen für künftige Strategien und Konzepte für 40 000 bis 50 000 Zuleitungskanäle in Kassel gestellt. So soll jedem Kasseler Bürger, der einen Zuleitungskanal hat, ein Serviceangebot mit Inspektion und Lagedarstellung, Fachinformation, Einzelberatung und im Bedarfsfall auch die Erneuerung bzw. Sanierung angeboten werden. Als Non-Profit-Unternehmen ist der Kasseler Entwässerungsbetrieb dazu prädestiniert, gemeinsam mit seinen Bürgern den wirtschaftlichsten Sanierungsansatz in jedem Einzelfall zu finden.

## 1.3 Änderung der Abwassersatzung

Im Bundesland Hessen ist die Durchführungsverordnung (EKVO) vom Ministerium, aufbauend auf das neue Hessische Wassergesetz, noch nicht verabschiedet. In Kassel wurde deshalb eine Satzungsänderung veranlasst und zum 01.04.2008 verabschiedet. Diese neue Satzung bildet nun die rechtliche Grundlage zur Umsetzung der Vorgaben aus dem Hessischen Wassergesetz.

## 1.4 Technischen Herangehensweise

Neben dem wichtigen Punkt, rechtliche Grundlagen zu erarbeiten, musste auch die technische Umsetzung auf den Weg gebracht werden. Auch hier wurde nach umfassenden Gesprächen und Diskussionen aller Verantwortlichen eine weitreichende Entscheidung getroffen. Die Betrachtungsweise der Zuleitungskanäle soll gleichrangig auf einer Plattform mit den öffentlichen Kanälen dargestellt werden. Das heißt, dass die Untersuchungsdaten der Zuleitungskanäle in gleichem Maße in das beim Kasseler Entwässerungsbetrieb

vorhandene Geoinformationssystem eingebunden werden – so, wie es schon seit Langem mit den Untersuchungsdaten der öffentlichen Abwasserkanäle vollzogen wurde. Dies eröffnet Planern und Sanierern ein weitaus größeres Betrachtungs- und Sanierungsspektrum. Man kann mit ein und demselben Arbeitswerkzeug die öffentliche sowie die private Entwässerungsanlage simultan an einem Arbeitsplatz betrachten und bearbeiten.

## 1.5 Das Forschungsprojekt

Im Rahmen eines Forschungsprojektes analysierte der Kasseler Stadtentwässerungsbetrieb den Markt der vorhandenen Inspektionssysteme. Aufgabe war es, nach Systemen zu suchen, die es ermöglichen, bei der Inspektion der zu untersuchenden Zuleitungskanäle deren geografische Lage mit abzubilden und schnittstellenkonform in das vorhandene Geoinformationssystem des Kasseler Entwässerungsbetriebes zu übertragen. Obwohl bei verschiedenen Anbietern dazu Grundlagen vorhanden waren, war keines der Systeme für die Anwendung beim Kasseler Entwässerungsbetrieb einsetzbar.

In dieser Phase versprach das System „ASYS“, das an der Universität der Bundeswehr München mit Unterstützung der Firma JT-Elektronik entwickelt wurde, den größten Erfolg. Nach mehreren Gesprächen zwischen den Akteuren (Firma JT-Elektronik, UniBw München und dem KEB) wurde ein **Public Private Partnership** Projekt gegründet. Dieses Projekt hat die Zielsetzung, das vorhandene System „ASYS“ in „geo-ASYS“ (Unterirdische geodätische Anschlusskanalvermessung in Verbindung mit der TV-Inspektion zur automatisierten Weiterverarbeitung der Daten im Geoinformationssystem) zu transformieren. „geo-ASYS“ soll in der Lage sein, den Verlauf des zu untersuchenden Kanals in Echtzeit auf dem Inspektionsfahrzeug zur Unterstützung des Inspektors in einer digitalen Stadtgrundkarte darzustellen und die georeferenzierte Lage (x-, y- und z-Koordinaten) des Kanals detailliert (Leitung, Abzweig, Revisionsschacht) an ein Geoinformationssystem zu übergeben. Im GIS sollen nun alle Informationen (Zustand, Berichte, Bilder, Videos) verknüpft werden, so dass alle Daten, wie auch schon die der öffentlichen Kanäle, jederzeit und aktuell abrufbar sind.

## 2. ASYS – Systemüberblick

### 2.1 Aufnahmeproblematik und deren prinzipielle Lösung

Um Grundstücksleitungen dokumentieren zu können, müssen diese im Rahmen der erforderlichen Genauigkeit von ca. 0,5 m erfasst werden. Problematisch dabei ist, geeignete Meßsysteme auszuwählen, da solche Leitungen mit nur ca. 1 dm Durchmesser sehr schwer zugänglich sind. Konventionelle Messtechniken sind damit nicht einsetzbar und GNSS (GPS) Sensoren sind heute zwar als Chips mit sehr geringen Ausmaßen erhältlich, fallen aber aus, da im Untergrund kein ausreichendes, verwertbares Signal empfangen werden kann.

Auch ohne genauere Betrachtung lässt sich feststellen, dass für die Aufnahme des Verlaufes von Grundstücksleitungen nur miniaturisierte Inertialsysteme (engl.: Inertial Mea-



der gemessenen Elemente (z.B. Revisionsschächte oder schadhafte Stellen), Attribute (z.B. Rohrdurchmesser), die Netztopologie (korrekte Verbindungen) und weiteres mit aufgenommen werden. Hierbei soll das System den Operateur soweit wie möglich durch Auswahlmöglichkeiten unterstützen, um zeitraubende Eingaben zu verhindern und die Konsistenz sicher zu stellen. Weiter müssen sowohl zur Übernahme benötigter Daten als auch zur Datenübergabe Softwareschnittstellen vorhanden sein. Auf diesen Punkt ist noch zurückzukommen. **Bild 4** gibt einen Überblick über Architektur und Komponenten von ASYS.

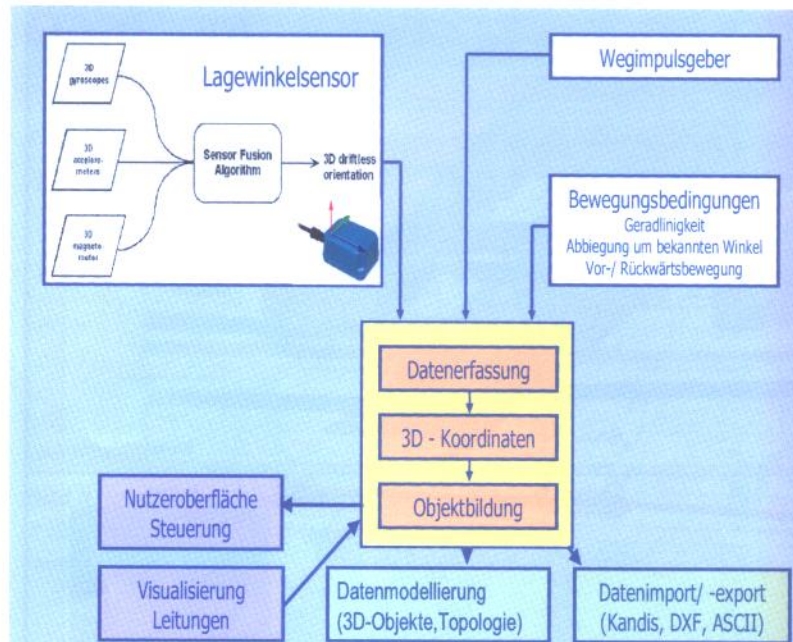
ASYS ist im Rahmen von mobilen und von größeren eingebauten Anlagen sowie im Spül- und Schiebetrieb einsetzbar. Auf die einzelnen Modi kann im Rahmen dieses Aufsatzes nicht detailliert eingegangen werden. Es soll nur noch kurz erwähnt werden, dass ASYS in den Varianten LP-ASYS und geo-ASYS entwickelt wird. Dabei nutzt geo-ASYS die vorliegenden Koordinaten der Kanalschächte und liefert automatisiert ein an das Koordinatensystem des Hauptnetzes angebundenes georeferenziertes Leitungsnetz, während LP-ASYS das Netz in einem lokalen Koordinatensystem erfasst. Dieses kann allerdings mit Hilfe von Passpunkten ebenfalls in das System des Hauptkanalnetzes transformiert werden.

### 2.3 Erläuterungen zur praktischen Durchführung der Messung

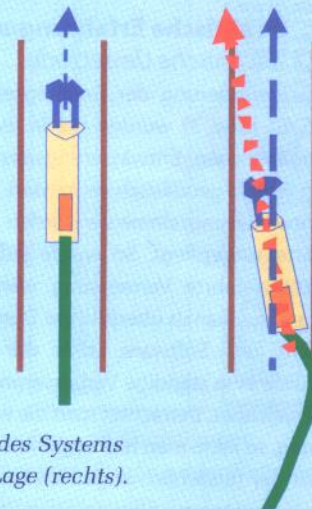
In umfangreichen Labortests konnte die hohe Genauigkeit des Systems nachgewiesen werden [8]. Bei Praxistests zeigte sich jedoch, dass in einzelnen Fällen, z.B. bei verschmutzten Rohren, stärkerer Druck auf das System ausgeübt werden muss, um Hindernisse (z.B. den Schmutz) zu überwinden, wodurch die Lindauer Schere nicht immer der eigentlich gewünschten Achse des Kanals folgt, sondern z.B. schräg dazu steht (**Bild 5**). Dies führte dazu, dass zusätzlich zur Messung im „Vorwärtsbetrieb“ die Messung beim Zurückziehen des Systems verwendet wird, um das geometrische Ergebnis zu verbessern. Weitere Ausführungen zu praktischen Erfahrungen finden sich im Kapitel 3.

### 2.4 Anbindung an Geoinformationssysteme

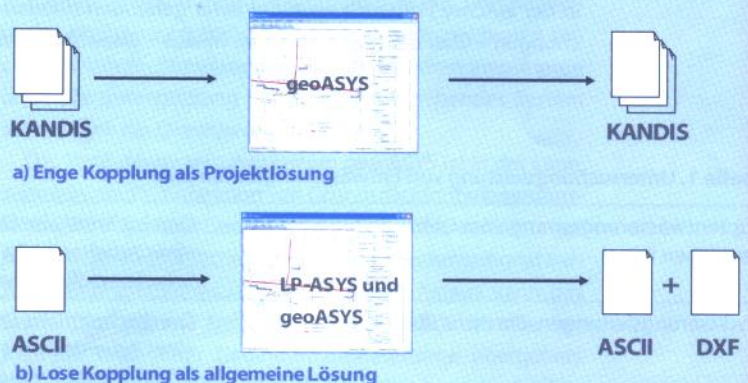
Wie schon in der Einführung erwähnt, liegt der eigentliche Nutzen der Aufnahme und Dokumentation der Grundstücksleitungen in einer ganzheitlichen Betrachtung, die das Hauptkanalnetz auf Basis eines Geoinformationssystems integriert. Dies erfordert natürlich Schnittstellen zwischen dem Aufnahmesystem und dem GIS, die im Folgenden kurz skizziert werden. Eine Schnittstelle zwischen dem GIS und ASYS ist schon im ersten Schritt für die Arbeitsvorbereitung von Bedeutung, da in diesem Falle auf die fehleranfällige manuelle Eingabe, z.B. von Koordinaten verzichtet werden kann, da ASYS dann die Schachtkoordinaten (in verschiedenen, definierten Formen) aus Schnittstellendateien liest. Nach der Messung können die aufgenommenen Daten, direkt als Objekte in das GIS übernommen werden. Auch hierfür sind verschiedene Lösungswege verfügbar (**Bild 6**) und zwar als sehr enge Kopplung in Form einer Projektlösung für das System KANDIS und als allgemeine Lösung (lose Kopplung) für viele andere Systeme.



**Bild 4.** ASYS – Systemüberblick.



**Bild 5.** Optimale Lage des Systems (links) und „schräge“ Lage (rechts).



**Bild 6.** Möglichkeiten der Anbindung von ASYS an Geoinformationssysteme.



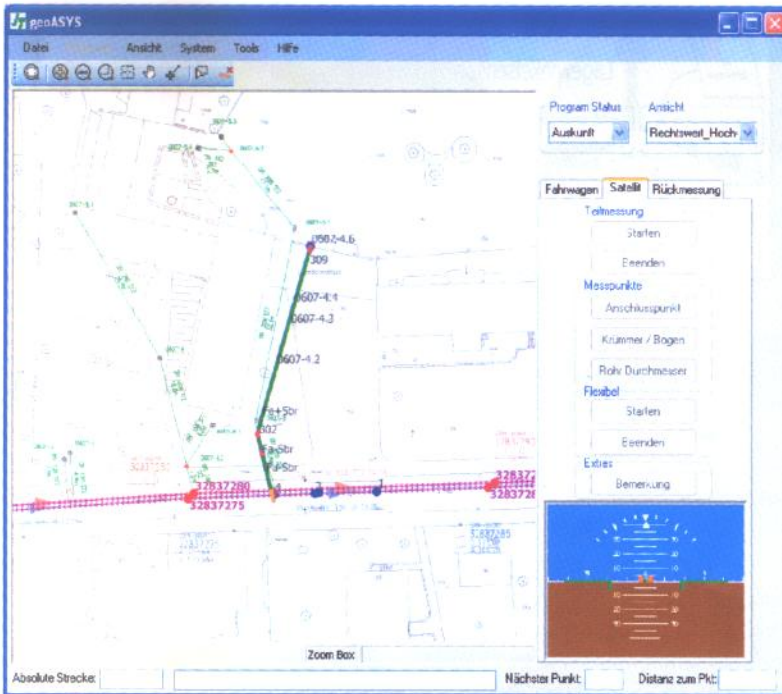


Bild 7. geo-ASYS – Benutzeroberfläche.

### 3. Praktische Erfahrungen

#### 3.1 Technische Umsetzung

Zur Verifizierung der Genauigkeit beim Einsatz von „geo-ASYS“ (Bild 7) wurden die in einem Testgebiet liegenden zugänglichen Entwässerungselemente (Revisionsschächte) im Vorfeld geodätisch vermessen. Die Vermessungsdaten der Entwässerungselemente wurden in die digitale Stadtgrundkarte eingepflegt. So wurde jede vor Ort mit „geo-ASYS“ durchgeführte Vermessung während der Inspektion des Anschlusskanals überprüfbar. Durch ständige Anpassung der Hard- und Software, sowie der Kalibrierung des Systems wurde eine ständige Verbesserung bei der Verlaufsmessung verzeichnet. Betrachtet man die ersten 20 Meter der Vermessung, so kann man hier sogar feststellen, dass die Messdaten mit der tatsächlich angenommenen Lage des Anschlusskanals punktgenau übereinstimmen [9]. Die jeweilige Verbesserung der Vermessungsqualität lässt den Schluss zu, dass das formulierte Ziel von  $\pm 50$  cm in der x- und y-Achse und  $\pm 5$  cm in der z-Achse [10] auch noch bei tiefer gehenden Untersuchungen – über die ersten 20 Meter hinaus – erreichbar sein wird.

#### 3.2 Produktivität bei der Inspektion

Die Produktivität der Anschlusskanaluntersuchung mit Verlaufsvermessung ist im Wesentlichen davon abhängig, welcher Anspruch an den Untersuchungsumfang und den Sauberkeitsgrad der zu untersuchenden Leitung gelegt wird sowie an den Zustand und dem damit verbundenen Dokumentationsaufwand. Der Untersuchungsumfang kann sich ausschließlich auf den Bereich des Hauptentwässerungsstranges vom Gebäude bis zum Anschluss am öffentlichen Kanal erstrecken oder im umfangreichsten Fall auf das komplette Entwässerungssystem eines Grundstückes. Bei der Sauberkeit der Leitungen kann unterschieden werden zwischen einer Inspektion mit und ohne Spültechnik. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde das Inspektionsfahrzeug mit beiden Inspektionstechniken ausgerüstet. Die Untersuchungen können somit im direkten Vergleich mit Spül- und Schiebetechnik durchgeführt werden.

Aufgrund der Qualitätsvorteile im Spülbetrieb (gereinigte Leitung = bessere Zustandsbeurteilung, Spülantrieb = größere Untersuchungstiefe) wurde der Fokus bis jetzt vermehrt auf die Untersuchung im Spülbetrieb gelegt. Der unmittelbare Vergleich der unterschiedlichen Techniken steht somit noch aus. Die Aussage, dass Spültechnik zwar die aufwändigere Technik ist, aber dennoch zu besseren Lösungen führt, kann pauschal an dieser Stelle schon getroffen werden.

#### 3.3 Leistungskennzahlen

Durchschnittliche Untersuchungsleistung von Entwässerungsleitungen im Spülbetrieb mit Verlaufsvermessung im Bereich von Anliegerstraßen (ohne aufwändige Verkehrsabsicherung) mit Vorabreinigung des öffentlichen Kanals (Tabelle 1).

#### 3.4 Untersuchungskosten

Die Kostenberechnung basiert auf einer berechneten Tagespauschale für das Inspektionsfahrzeug mit einer Besatzung von zwei ausgebildeten TV-Inspektoren (Meister, Techniker, Ingenieur) und Fahrzeugkosten, bestehend aus Abschreibung, Softwarekosten, Unterhaltungskosten (Reparatur, Kraftstoff, DV- Material usw.), sowie den Frischwasserkosten für den Spülbetrieb. Weitergehende Kosten für die Qualitätsprüfung der Untersuchungsdaten mit eventueller Klassifizierung der Schäden sowie die automatisierte Weiterverarbeitung im Geoinformationssystem sind an dieser Stelle noch nicht berücksichtigt (Tabelle 2).

Tabelle 1. Untersuchungsleistung von Entwässerungsleitungen.

Hauptentwässerungsstrang vom Gebäude bis zum öffentlichen Kanal	Durchschnittliche Untersuchungslänge 10 bis 15 m bei einer Arbeitsschicht von 8 h und durchschnittlichem Schadensaufkommen	8 bis 12 Grundstücke
Entwässerungsleitungen, die nicht überbaut sind	Durchschnittliche Untersuchungslänge 25 bis 50 m bei einer Arbeitsschicht von 8 h und durchschnittlichem Schadensaufkommen	5 bis 8 Grundstücke
Komplette Grundstücksentwässerungsleitungen	Durchschnittliche Untersuchungslänge 40 bis 100 m bei einer Arbeitsschicht von 8 h und durchschnittlichem Schadensaufkommen	3 bis 5 Grundstücke



**Tabelle 2.** Kostenschätzung anhand einer Tagespauschale von 1250 €.

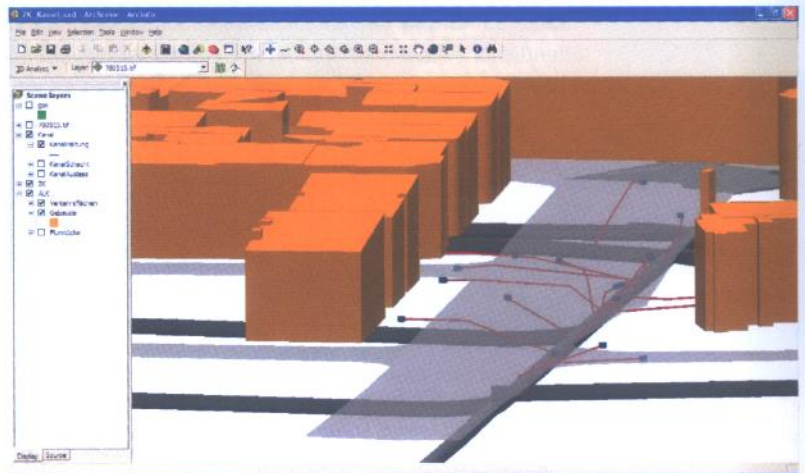
Hauptentwässerungsstrang vom Gebäude bis zum öffentlichen Kanal	80–150 €/Grundstück
Entwässerungsleitungen, die nicht überbaut sind	150–250 €/Grundstück
Komplette Grundstücksentwässerungsleitungen	250–500 €/Grundstück

### 3.5 Erkenntnisse aus der Verlaufsvermessung

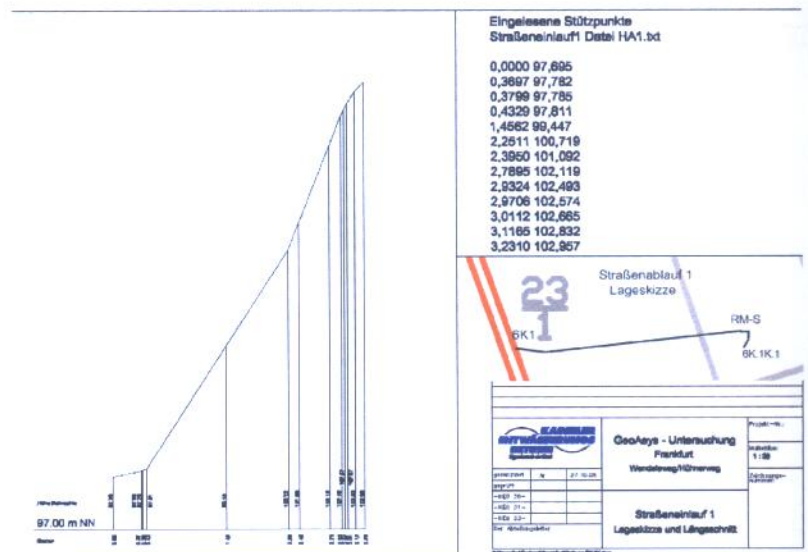
- Für den Inspekteur:** Mit Darstellung der Geometrie und Topologie auf der Stadtgrundkarte in Echtzeit wird dem Inspekteur eine Orientierungshilfe gegeben. Der Auftrag, eine Anschlussleitung bis zur Grundstücksgrenze oder bis zur Innenkante der ersten Hausaußenwand zu untersuchen, wird mit Hilfe der Kamera-Darstellung ermöglicht. So lässt sich auch im Rahmen der Inspektion die jeweils untersuchte Leitung einem bestimmten Objekt (Grundstück, Haus, Straßenablauf) zuordnen. Die eindeutige Identifizierung ist die Grundlage für den weiteren Umgang mit der inspizierten Leitung. Denn damit wird sichergestellt, dass der jeweils rechtliche Verantwortliche bei der weiteren Bearbeitung angesprochen werden kann.
- Zur Bearbeitung der Bestandsdaten:** Durch die nun mögliche Darstellung des Leitungsverlaufs, in jedweder GIS oder CAD Umgebung, besteht die Möglichkeit die Anschlusskanäle ganzheitlich mit in die Planung der öffentlichen Kanalisation einzubeziehen. Insbesondere der Höhenverlauf der angeschlossenen Anschlussleitungen ist für die Tiefenlage des öffentlichen Kanals ausschlaggebend. Durch die Lageinformation besteht teilweise die Möglichkeit, die Tiefenlage des öffentlichen Kanals nach oben zu korrigieren. Im Rahmen von Baumaßnahmen können so Kosten aufgrund geringeren Erdaushubs eingespart werden. Anfragen von Versorgungsunternehmen hinsichtlich freier Verlegetrassen sind aufgrund der Lageinformationen möglich.
- Für den Kanalsanierungsplaner:** Die wichtigsten Informationen für die Entscheidung eines Sanierungskonzepts sind Zustand und Lage des Kanals. Nur durch die Verlaufsvermessung bekommt man ausreichend Information über die Lage und somit die Grundlage für eine technische und wirtschaftliche Entscheidung. Liegt ein Anschlusskanal in einer Tiefe von 1,5 m oder 3,5m? Liegt er in der unbefestigten Vorgartenfläche mit oder ohne Baumbestand, in der gepflasterten Garageneinfahrt oder verläuft er geradewegs unter der Treppenanlage hindurch? Solche Informationen sind zur Entscheidungsfindung für ein wirtschaftliches Sanierungskonzept notwendig.

### 3.6 Resümee

Bei den meisten Grundstücksentwässerungssystemen handelt es sich um sehr komplexe Entwässerungssysteme. Sie sind keinesfalls mit den Freispiegelkanälen der öffentlichen Entwässerungsanlage zu vergleichen. Bedingt durch die Unzugänglichkeit der Leitungsverläufe mit kleinen Rohrdurchmessern, geprägt durch Geradenstücke, Bögen und



**Bild 8.** Räumliche Darstellung der vermessenen Zuleitungskanäle im 3D-Modul vom Kanalmanagementsystem „Planet“.



**Bild 9.** Längsschnitt, Lageplan und Koordinaten einer mit geoASYS vermessenen Straßenablaufleitung. Darstellung für die Sanierungsplanung.

Krümmen, ist die korrekte Rekonstruktion des Leitungsverlaufes eine Herausforderung. Während TV-Inspektionen solcher komplexer Entwässerungssysteme können Inspektoren ohne die Unterstützung durch ein entsprechendes System sehr schnell die Orientierung verlieren.

Das Verlaufsvermessungssystem geo-ASYS ist in der Lage, während der TV-Inspektion von Grundstücksentwässerungsleitungen in Echtzeit Geometrie und Topologie der Leitungsnetze in der erforderlichen Genauigkeit dreidimensional aufzunehmen und zu visualisieren. Darüber hinaus kann das System das erfasste Netz über definierte Schnittstellen an jedwede CAD- oder Geoinformationssysteme übergeben. Die genau vermessene und dargestellte Lage und Höhe einer Grundstücksentwässerungsleitung, einschließlich der angehängten Untersuchungsdaten, gibt Planern/Sanierungsplanern die Möglichkeit, weitergehende Sanierungs-

ansätze auf Grund der ganzheitlichen Betrachtungsweise (öffentlicher Kanal und Grundstücksentwässerungsleitung auf einer Plattform) zu berücksichtigen.

#### Dank

Bei der Entwicklung von ASYS bzw. geoASYS waren die Herren Dipl.-Ing. Frank Hümmer, M.Sc. Admire Kandawasvika, Dipl.-Ing. Markus Penzkofer und Dipl.-Ing. Jörg Renter maßgeblich beteiligt. Weiter bedanken wir uns bei Herrn U. Jöckel, dem Inhaber von JT-Elektronik, für die Förderung und die gute Zusammenarbeit.

#### Literatur

- [1] Günthert, F.W.: Ursachen von Schäden in Abwasserkanälen. Wasser und Abfall (1999) Nr. 5.
- [2] Berger, C. und Lohaus, J.: Zustand der Kanalisation in Deutschland. Ergebnisse aus der DWA Umfrage 2004, [http://www.dwa.de/download/Kanalisation\\_De2004.pdf](http://www.dwa.de/download/Kanalisation_De2004.pdf)
- [3] Merkblatt ATV-M 149: Zustandserfassung, -klassifizierung und -bewertung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden. GFA, Hennef, 1999.
- [4] Cvaci, D. und Günthert, F.W.: Grundstückentwässerungsanlagen, Zustandsdaten und Handlungsempfehlungen. GWA (2007) Nr. 3.
- [5] HWG 2005: Hessisches Wasserhaushaltsgesetz, 2005.
- [6] Hol, J.D., Schön, T.B., Gustafsson, F. and Slycke, P.J.: Sensor Fusion for Augmented Reality. The 9<sup>th</sup> International Conference on Information Fusion, Florenz, Italien, 10–13 Juli 2006.
- [7] Heister, H. und Reinhardt, W.: 3D-Dokumentation von Kanalschlussleitungen – Ortung und Inspektion im Untergrund. In: Chesi, G.; Weinold, T. (Hrsg.): 14. Internationale Geodätische Woche Obergurgl, Wichmann, 2007.
- [8] Heister, H., Hümmer, F. und Reinhardt, W.: Machbarkeitsstudie zum Ausbau eines Ortungssystems für Leitungsinspektion. UniBwM, Neubiberg, 2004, unveröffentlicht.

[9] JT-Seminar 2007: 20. Lindauer Seminar, Praktische Kanalisations-technik – Instandhaltung von Kanalisationen. <http://www.jt-lektronik.de/rueckblick/seminar2007/index.html>

[10] Bauer, A.: Leitfaden für die Untersuchung/Datenerhebung von Grundstücksentwässerungsanlagen mit dem Untersuchungssystem ASYS (Automatisches System zur Kanalverlaufserfassung), Kassel, 2005.

Eingereicht: 02.05.2008  
Korrektur: 04.12.2008  
Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

#### Autoren

Dipl.-Ing. Arno Bauer  
E-Mail: [bauer.a@ks-keb.de](mailto:bauer.a@ks-keb.de) |  
Kasseler Entwässerungsbetrieb |  
Gartenstraße 90 | D-34125 Kassel

Prof. Dr.-Ing. H. Heister  
E-Mail: [h.heister@unibw-muenchen.de](mailto:h.heister@unibw-muenchen.de) |  
Universität der Bundeswehr München |  
Werner-Heisenberg-Weg 39 | D-85579 Neubiberg

Prof. Dr.-Ing. W. Reinhardt  
[wolfgang.reinhardt@unibw-m.de](mailto:wolfgang.reinhardt@unibw-m.de) |  
Universität der Bundeswehr München |  
Werner-Heisenberg-Weg 39 | D-85579 Neubiberg