

# Die Georeferenzierung unterirdischer Leitungsnetze : Aufnahmetechniken bei der Verwaltung des Genfer Leitungskatasters

Autor(en): **Cornette, Geoffrey / Galley, Vincent**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cadastre : Fachzeitschrift für das schweizerische Katasterwesen**

Band (Jahr): - **(2011)**

Heft 6

PDF erstellt am: **21.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-871379>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Die Georeferenzierung unterirdischer Leitungsnetze – Aufnahmetechniken bei der Verwaltung des Genfer Leitungskatasters

■ **Der städtische Untergrund ist voller Leitungen: Versorgungsnetze für Wasser, Gas und Strom, Telekommunikationsnetze, Sammelkanäle etc. Diese Netzwerke sind unterirdisch verlegt und sind daher kaum bewusst. Oftmals nehmen wir sie erst wahr im Zusammenhang mit einem Unglücksfall, der mitunter dramatische Ausmasse annehmen kann. Solche Zwischenfälle lassen sich aber mit unterschiedlichen Massnahmen vermeiden.**

## Methoden zur Ortung von Leitungen

Unterirdisch verlegte Leitungen haben den Vorteil, sehr zweckmässig und gleichzeitig vollkommen unsichtbar zu sein. Dies kann sich jedoch schnell als Nachteil erweisen, wenn es darum geht, sie topografisch aufzunehmen. Diese Leitungen sind effektiv nur für kurze Zeit sichtbar, nämlich bevor die Baugrube wieder zugeschüttet wird. Netzdaten zu erheben ist im Umfeld einer Baustelle, wo bereits viele andere Einschränkungen bestehen, sehr kompliziert. Um für dieses Problem Abhilfe zu schaffen, verwendet man ein System zur Netzortung, mit welchem sichtbar gemacht wird, was über dem Boden nicht mehr sichtbar ist. Es existieren verschiedene Systeme – jedes mit bestimmten Vor- und Nachteilen.

*Akustische Ortungsgeräte* arbeiten nach dem Prinzip des Abhörens des Bodens. Dabei werden Vibrationen auf die zu erfassende Leitung übertragen; die Schallwellen breiten sich somit im gesamten Netz aus. Mit Hilfe eines geeigneten Ortungsgeräts ist es daraufhin möglich, diese Wellen an der Oberfläche abzuhören (Abb. 1). Mit dieser Methode lassen sich alle starr verlegten Netze orten. Auch im Rahmen der Leckortung ist sie sehr nützlich. Allerdings erfordern akustische Ortungsgeräte einen direkten Zugang zu den Leitungen, um die Vibrationswellen auf das Netz zu übertragen.

Eine zweite Gruppe bilden die *Ortungsgeräte mit Funkwellen*. Für Strom- oder Telekommunikationsnetze können Geräte verwendet werden, die mit Funkwellen im passiven Modus arbeiten (Abb. 2). Hierbei ist nur ein Gerät zur Ortung elektromagnetischer Wellen erforderlich. Das Gerät ortet direkt die von dem eingegrabenen Stromkabel erzeugte elektromagnetische Welle. Diese Technik ermöglicht die Ortung tief liegender Objekte (bis zu etwa 3.5 m), ist jedoch anfällig für elektromagnetische Störungen von aussen (z. B. durch elektrische Freileitungen). Wenn es sich nicht um ein Stromnetz handelt, gibt es zwei andere Techniken: Es ist möglich, den elektrischen Strom selbst direkt im (metallischen) Netz zu erzeugen und das so entstehende elektromagnetische Feld zu orten (Abb. 3). Ist das Netz nicht aus Metall, so kann ein mit einem Generator verbundenes Kabel in das Netz eingezogen werden (Abb. 4). Hier spricht man vom Funkwellenortungsgerät im aktiven Modus.

Schliesslich können mittels *Georadar* oder «*Boden-Radar*» alle Arten von Netzen geortet werden. Dieses System misst

die Ausbreitungszeit einer Funkwelle (Abb. 5). Je nach durchlaufenem Medium breitet sich die Welle schneller oder langsamer aus. Anhand dieser unterschiedlich langen Zeitdauer kann eine Fachperson die eventuell im Boden verlegten Leitungen orten (Abb. 6). In manchen geologischen Umgebungen, die einen hohen Wassergehalt oder Hohlräume aufweisen, ist die Ortung allerdings schwierig. Sobald das Netz geortet ist, wird es am Boden markiert, um anschliessend eingemessen zu werden. Hierbei kommen klassische Aufnahmetechniken zum Einsatz, insbesondere Messband, Tachymeter und GNSS (Global Navigation Satellite System). Diese Abfolge der Arbeiten (Verlegung des Netzes – Ortung – Markierung – Aufnahme) führt dazu, dass sich Fehler und Näherungen kumulieren, so dass die Daten nicht ganz korrekt sind und die gewünschte Genauigkeit nicht erreicht wird. Manche Gerätehersteller sind sich dessen bewusst und bieten heute kombinierte Ortungssysteme mit integriertem GPS (Global Positioning System) an, welche Aufzeichnung der Position, der Tiefe und der Höhe des Netzes ermöglichen.

Es gibt viele Ortungsmethoden. Keine davon ist aber vielseitig einsetzbar. Die Ortungsgenauigkeit ist relativ gering. Zudem ist eine so durchgeführte Aufnahme nicht vollständig. Denn selbst mit einer effizienten Ortung wäre es nicht möglich, einen Plan mit allen Informationen zur Art des Netzes, den verwendeten Materialien, der Position von Ventilen, Winkelstücken etc. zu versehen. Die genaueste und zuverlässigste Methode bleibt daher die Aufnahme in der offenen Grube. Aber diese Methode unterliegt auch den meisten Zwängen, denn die Zeit, die dem Geometer und der Geometerin zwischen der Verlegung der Leitungen und dem Auffüllen der Grube zur Verfügung steht, ist sehr kurz. Ausserdem wird für diese Arbeiten im Einzelnen zwar nicht viel Zeit benötigt, aber sie müssen – dem zeitlichen Ablauf der Verlegung folgend – wiederholt durchgeführt werden, und zwar im ohnehin schwierigen Umfeld einer Baustelle. Trotzdem wird diese Methode von den Netzbetreibern im Kanton Genf am häufigsten genutzt. Sie ermöglicht den Leitungseigentümerinnen und -eigentümern eine präzise, umfassende und jeweils aktuelle Verwaltung ihrer Netze. So gelangt man aus der Welt der Vermessung (Feldaufnahme und CAD [Computer Aided Design]) in die Welt der Geomatik (Verwaltung und Abgabe geolokalierter Daten, GIS [Geografische Informationssysteme]).

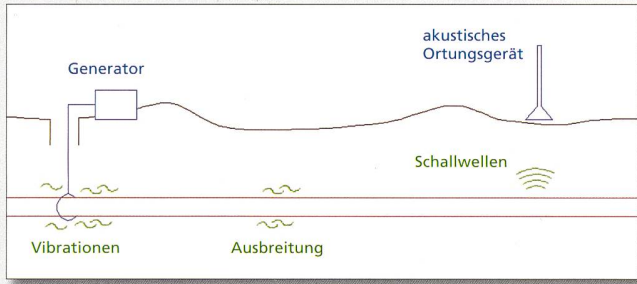


Abb. 1

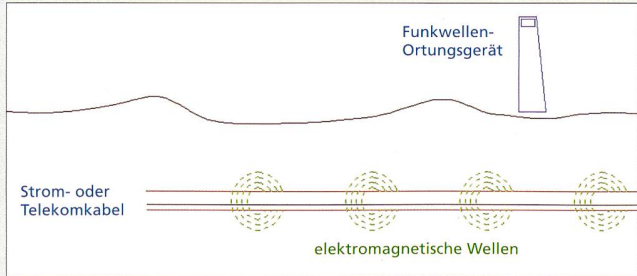


Abb. 2

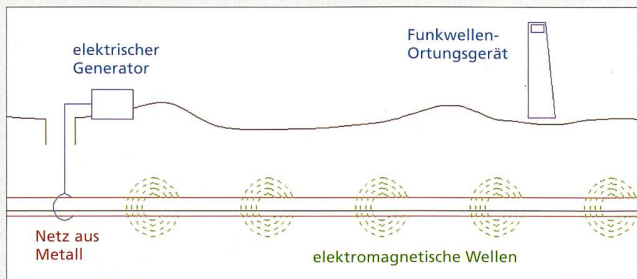


Abb. 3

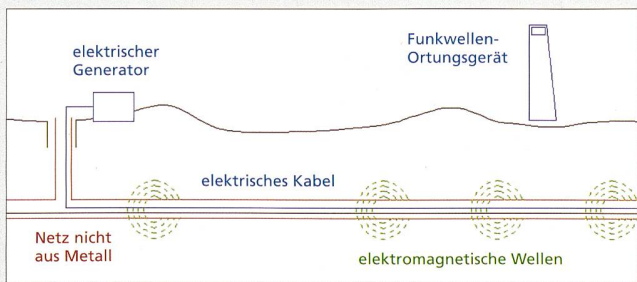


Abb. 4

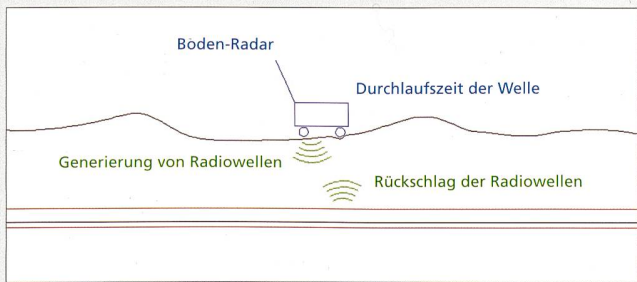


Abb. 5

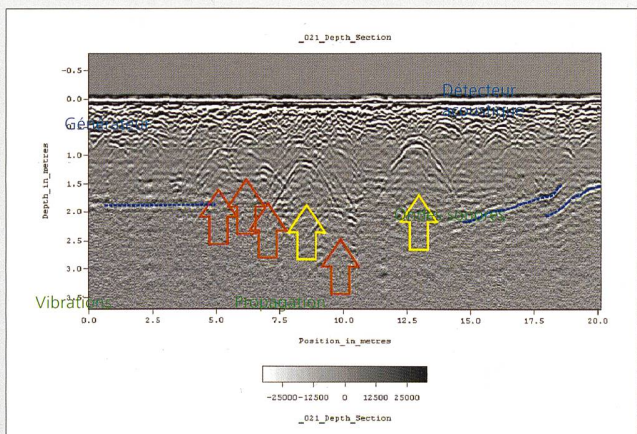


Abb. 6

## Der Leitungskataster von Genf

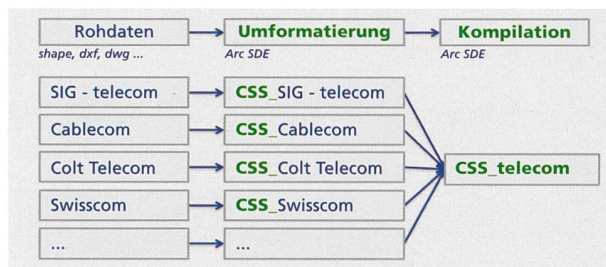
Seit nunmehr 20 Jahren existiert das Genfer Landinformationssystem (Système d'Information du Territoire Genevois, SITG), das die Geodaten der öffentlichen Ämter verwaltet. Heute stellen die Partnerinnen und Partner des SITG der Öffentlichkeit und den Fachleuten mehr als 440 Geodaten-ebenen bereit, die nach diversen Themenfeldern wie etwa Raumplanung, Bodennutzung, Mobilität, Gesundheit, Bienezucht und vielen weiteren geordnet sind.

Was den Untergrund betrifft, führt das Vermessungsamt des Kantons Genf (Service de la mensuration officielle de Genève, SEMO) einen vollständigen Kataster der unter öffentlichem Grund verlegten Leitungen – in einem per Internet zugänglichen Geoportal. Die von den Leitungseigentümerinnen und -eigentümern gelieferten Daten werden für die gemeinsame Nutzung zur Verfügung gestellt. In diesem Kataster lässt sich die räumliche Ausdehnung aller unterirdischen Leitungsnetze darstellen und abrufen. Dadurch wird es einfacher, Vorprojekte zu Bauvorhaben zu planen und zu koordinieren.

Dank entsprechendem politischem Willen wurde das Reglement über die Nutzung des öffentlichen Grunds im September 2005 geändert. Seither müssen die Geodaten und die Metadaten der unterirdisch verlegten Leitungen an das SEMO übermittelt werden.

Der Leitungskataster von Genf hat also mehrere Aufgaben: Die Zusammenführung der Daten der Betreiber unterirdisch verlegter Leitungen, deren Transformation und Überprüfung sowie deren Abgabe über einen Web-Geodienst.

Im Kanton Genf zählt man mehr als 20 verschiedene Betreiberinnen und Betreiber unterirdischer Leitungsnetze. Zu ihnen gehören jene der Wasser-, Gas- und Stromversorgung, Regenwasser und Abwasser sowie die zahlreichen Betreiber von Telekommunikationsnetzen (Internet, Telefon). Jede dieser Betreiberfirmen erhebt und stellt die Daten mittels der von ihr bevorzugten Techniken dar. Da eine absolute Lagegenauigkeit von 10 bis 30 cm gefordert wird, können die Leitungsbesitzerinnen und -besitzer nicht auf die oben genannten Ortungstechniken zurückgreifen. Sie schlagen jedoch sehr verschiedene Wege ein. Manche haben seit fast 100 Jahren eine eigens für die Aufnahme und die zeichnerische Darstellung der neuen Netze eingerichtete Abteilung. Diese Betreiberfirmen stellen eigene Geometerinnen und Geometer an und haben den Übergang vom Papierplan zur CAD-Ära selbst durchlaufen. Jüngere Firmen, die weniger aktiv in der Netzverlegung sind, nehmen die Aufnahme am Ende der Verlegung mit dem Messband vor oder vergeben die Aufnahmearbeiten an qualifizierte Geometerinnen und Geometer. Dies hängt im Wesentlichen vom historischen Werdegang der jeweiligen Leitungsbesitzerinnen und -besitzer ab.



Bereich	Farbe
Abwasser	
Gas	
Wasser	
Heizung	
Elektrizität	
Telekommunikation	
Geotechnik	

Links: Abbildung 7  
Rechts: Abbildung 8

Die Eigentümerinnen und Eigentümer dieser Leitungen sind verpflichtet, ihre Daten regelmässig und auf dem jeweils aktuellen Stand an das SEMO zu übermitteln. Wie häufig die vollständigen Netzdaten erneuert werden sollen, wird mit jedem Leitungseigentümer bzw. jeder Leitungseigentümerin in Abhängigkeit von der mehr oder weniger schnellen Fortentwicklung des Netzes abgestimmt: Während das Gasnetz nahezu täglich Veränderungen erfährt, wird das Ölleitungsnetz praktisch nie verändert. Jeder Akteur und jede Akteurin liefert die Daten in dem Format, in welchem diese jeweils intern verwaltet werden. Ganz gleich, ob man die Genauigkeit der Aufnahme, das Format, die Art und Weise der Erfassung oder auch die Struktur der Ebenen betrachtet: diese Daten haben im Grunde nichts Gemeinsames. Deshalb wurde für jede der beim SEMO eingehenden Dateien ein FME-Script (Feature Manipulation Engine) eingerichtet, um diese Daten nach ein und demselben, vom SEMO definierten Datenmodell zu vereinheitlichen. So können alle Akteurinnen und Akteure ihre Daten auch weiterhin mit ihren eigenen CAD-Programmen oder mit ihrem GIS verwalten, und gleichzeitig wird die Aktualisierung einer oder mehrerer Ebenen des Leitungskatasters gewährleistet. Abbildung 7 zeigt an einem Beispiel, wie Telekommunikationsnetzdaten zusammengestellt werden.

Das Datenmodell des Leitungskatasters besteht aus neun Geodatenebenen:

- Trinkwasser
- Gas
- Strom
- Telekommunikation
- Fernheizung / Erdwärme
- Abwasser
- Geotechnik
- Pflanzen (Baumwurzeln)
- Ölleitung (Erdölproduktion)

Jede dieser Informationsebenen besteht aus linienförmigen Objekten (Leitungen), punktförmigen Objekten oder Knoten (Ventile, Schächte, Tafeln etc.) und Flächenobjekten (Rohrschlangen, Anschlusskasten, Stationen, Stollen etc.). Informationen wie Eigentümer der Leitung, Zustand, Funktion und Aufnahmegenaugigkeit sind für jedes Objekt des Leitungskatasters verfügbar, wohingegen fachtechnische Daten wie Druck, Temperatur etc. ausgeklammert bleiben.

Das SEMO gibt die erfassten Leitungsdaten über einen Geodienst (Géoservice du cadastre du sous-sol, Geo CSS) ab und stellt darin alle Objekte dar, die im Untergrund eine bestimmte Ausdehnung aufweisen. Weitere Elemente wie etwa unterirdische Gebäude, der technische Kataster des Untergrunds (bauliche Hilfskonstruktionen, Gründungspfähle, Verankerungen, Schlitzwände)

oder die Ausdehnung von Baumwurzeln werden ebenfalls dargestellt.

Der GeoCSS ist einer der wenigen Dienste des SITG, die aus Gründen der Sicherheit und Vertraulichkeit durch ein Passwort geschützt sind. Es ist möglich, den GeoCSS für Abfragen zu nutzen oder auch Auszüge daraus im gewünschten Format (Vektor oder Raster) zu erstellen. Die Darstellung dieser Daten orientiert sich an der Norm SIA 405 (Geoinformationen zu unterirdischen Leitungen) und entspricht der Farbcodierung der Abbildung 8.

Das Informationssystem über die Leitungsdaten ist heute ein wichtiges Hilfsmittel bei der Planung und Koordination von baulichen Vorprojekten und vereinfacht die Abläufe bei allen Leitungseigentümerinnen und -eigentümern. Inzwischen ist es ein unverzichtbares Werkzeug der Kommission zur Koordination von Tiefbauarbeiten (Commission de coordination des Travaux en sous-sol, CCTSS).

Seit kurzem ist die Abfrage dieses Web-Dienstes über die Plattform «SITG Web Mobile» möglich, auf der man direkt von einem Smartphone oder einem Laptop aus in den Daten des Hoheitsgebiets navigieren kann. So wird vorstellbar, dass Arbeitende, die im Begriff sind, eine Baugrube auszuheben, vor Ort den GeoCSS abfragen und vorgängig mit ihrem per GPS geolokalisierten Laptop oder Telefon «durch den Boden sehen».

Das SEMO führt auch Kontrollen durch: mittels Baustellenbegehungen, bei denen die Situation fotografisch festgehalten wird. Jede Datenlieferung der jeweiligen Netzbetreiberin oder des Netzbetreibers wird mit der vorherigen verglichen; anschliessend werden die Veränderungen festgestellt und mit den Aufzeichnungen von den besuchten Baustellen verglichen. Im Falle der Nichterfüllung wird dem jeweiligen Betreiber oder der Betreiberin eine Mahnung zugestellt. Hier ist darauf hinzuweisen, dass das SEMO von Amtes wegen und auf Kosten der Eigentümerschaft die erneute Öffnung der Grube und die Aufnahme der Leitungen veranlassen kann.

Rechtlich gesehen sind einzig und allein die Leitungseigentümerinnen und -eigentümer für die Verwaltung ihrer Daten verantwortlich. Aus diesem Grund kann der Leitungskataster keinesfalls als Plangrundlage für die Bauausführung, sondern lediglich für die Vorprojektphasen genutzt werden. Für die Ausführung von Bauarbeiten sind ausschliesslich die direkt vom Eigentümer bzw. von der Eigentümerin der Leitungen bereitgestellten Informationen massgebend.

## Auf dem Weg zur dritten Dimension

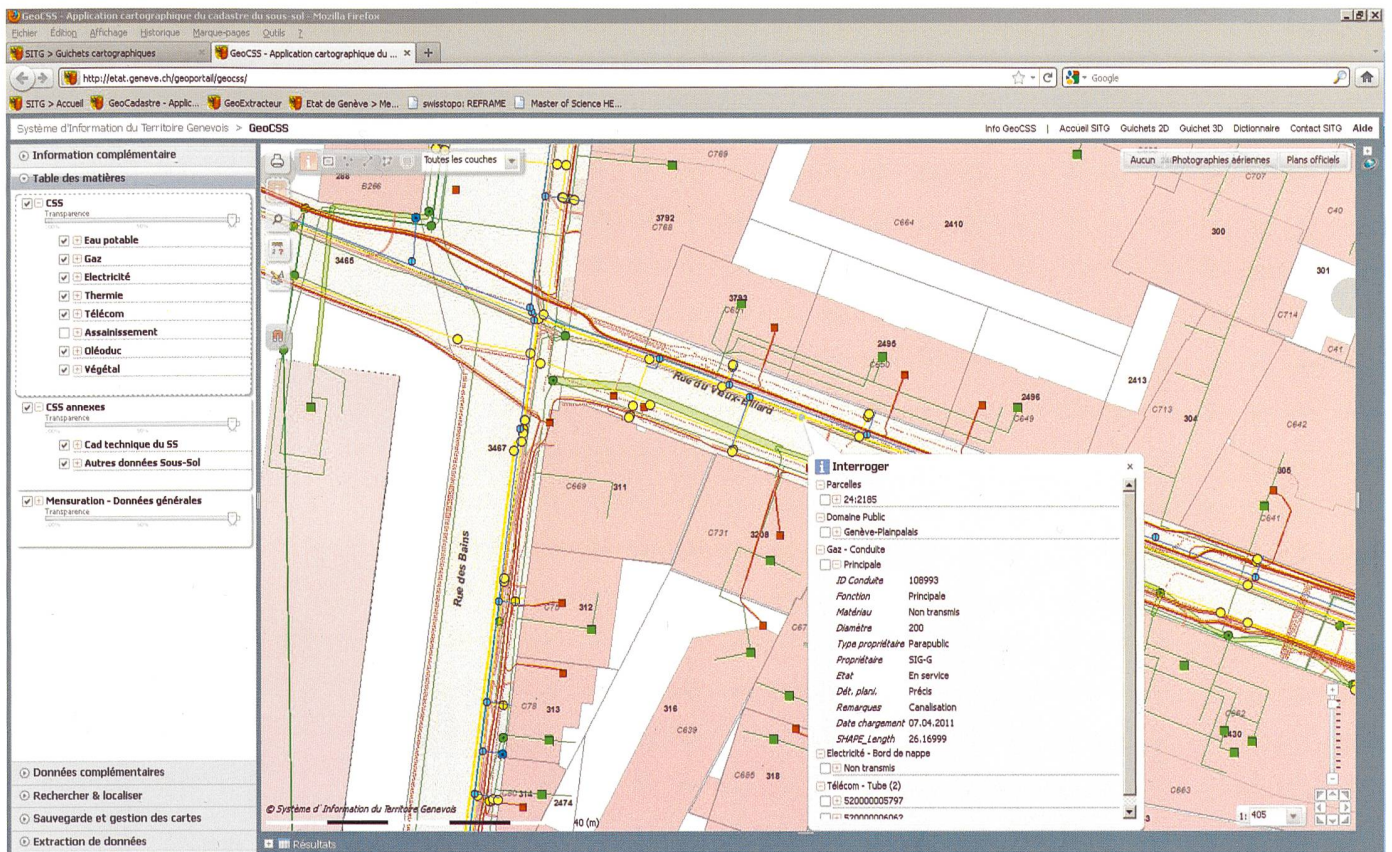
Der Genfer Kataster ist heute spürbar im Umbruch in Richtung dritte Dimension (3D). Der Kanton verfügt bereits über einen «3D-Sockel», bestehend aus einem DTM (Digitales Terrainmodell), den Gebäuden in 3D und einer Reihe von Kunstbauten in der 3D-Datenbank (Abb.9). Um die Arbeiten in diesem Sinn fortzuführen und um Homogenität zu erreichen, möchte das SEMO den Übergang von einem 2D- zu einem 3D-Leitungskataster vorantreiben. Wichtigste Motivation ist dabei zunächst der politische Wille der Genfer Verwaltungsbehörden, zu einem vollständig dreidimensionalen Kataster überzugehen. Eine Modellierung des Untergrunds in 3D ist jedoch auch für andere Arbeitsbereiche von Nutzen.

Ist der Verlauf der unterirdischen Leitungen in 3D bekannt, so lassen sich alle relevanten Arten von Plänen erstellen: topografische Pläne, Schnitte entlang der gewünschten Achsen, Längs- oder Querprofile. Höheninformationen erlauben das Erschliessen von Informationen, die ein zweidimensionaler Plan nicht liefern kann. Die Verlegungstiefe beispielsweise erschliesst sich durch Vergleich der Höhe der Netze mit dem DTM, und zwar in jedem Punkt des Plans. Ein weiterer Nutzen der 3D-Darstellung unterirdischer Elemente besteht darin, dass mehr Klarheit über die Leitungsnetze herrscht, die in den Städten oft eine für die 2D-Dar-

stellung viel zu hohe Dichte aufweisen. Am Beispiel des GeoCSS (Abb.10) kann man sehen, wie schwierig es ist, unterirdisch verlegte Leitungen in 2D darzustellen. Ausserdem bleibt ohne die dritte Dimension die relative Position der Leitungen zueinander unbekannt. Will man Zugang zu einer bestimmten Leitung haben, kann man also nur «per Gewohnheit» vermuten, dass dieses oder jenes Netz über diesem oder jenem anderen Netz verlegt ist.



Rechts: Abbildung 9  
Unten: Abbildung 10





Der Kanton Genf war einer der ersten, die eine Studie zur Machbarkeit eines 3D-Leitungskatasters durchgeführt haben. Daraufhin wurde ein Projekt lanciert, das im Jahr 2007 von Aurélien Lecomte (Vermessungsingenieur mit Abschluss am Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg) umgesetzt wurde. Die Ziele bestanden darin, den Prototyp eines Leitungskatasters in 3D zu realisieren, ihn zu analysieren und entsprechende Schlüsse zur Machbarkeit eines 3D-Leitungskatasters zu ziehen (Abb. 11).

Eines der wichtigsten Ziele dieser Studie war, einen 2D-Kataster in einen 3D-Kataster zu transformieren, wobei sich zwei verschiedene Fälle anboten:

- Die Daten besitzen ein Z-Attribut; in diesem Fall wird das Objekt mit Hilfe dieser Information in ein 3D-Objekt verwandelt;
- diese Information ist unbekannt; in diesem Fall wird eine genäherte Höhe nach folgender Formel ermittelt:  $Z = Z_{DTM} - \text{Standardtiefe des jeweiligen Netzes}$ .

Diese zweite Art der Berechnung führte zu Fehlern, beispielsweise an Kunstbauten, wo die Leitungen nicht dem DTM folgen. Ausserdem liegen Leitungen gerade unter der Erde, und diese Art der Berechnung verursachte geringfügige Variationen in Z – vergleichbar mit einem Rauschen an den Objekten des Untergrunds. Eine Glättung des DTM im Bereich von Grundstücken in öffentlichem Besitz ist in Arbeit und könnte dieses Problem beseitigen.

Als Schlussfolgerung wurde festgestellt, dass es möglich ist, ein 3D-GIS des Untergrunds zu schaffen. Dies ist allerdings nur unter Einbezug weiterer unerlässlicher Angaben möglich, wenn ein zuverlässiges Ergebnis erzielt werden soll. Diese Studie hat viele Fragen aufgeworfen, insbesondere zur 3D-Aufnahme in Gruben. Wie soll man bei einer 3D-Aufnahme vorgehen? Welche Kosten würde eine solche Veränderung nach sich ziehen? Was soll mit den alten Leitungen geschehen, die nur lagemässig bekannt sind?

Daher wurde ein neues Projekt mit dem Ziel initiiert, die neuen Technologien für die Aufnahme des Leitungskatasters zu untersuchen. Die besonderen Zwänge dieser Art der Aufnahme führten dazu, dass man die Nutzung einer vereinfachten fotogrammetrischen Methode in Betracht zog, die sich auf Fotos von Smartphones oder Feldmessinstrumenten mit Fotofunktion stützt. Dies ist eine Möglichkeit, die untersucht und in grösserem Umfang eingesetzt werden sollte, um die aktuellen vermessungstechnischen Aufnahmen zu ergänzen...

Abb. 11

### Schlussfolgerung

Die Beschädigung unterirdisch verlegter Netze kann gravierende Folgen haben. An erster Stelle steht hier wohl der «menschliche Preis», wenn es zu schweren oder gar tödlichen Verletzungen kommt. Ausserdem können finanzielle Belastungen infolge der materiellen Verluste, der vorzunehmenden Reparaturen, der Verzögerung von Bauarbeiten, ganz zu schweigen von den möglichen rechtlichen Folgen, schnell gewaltige Ausmasse annehmen. Es ist sehr wichtig sich bewusst zu machen, dass die Verhütung derartiger Unfälle deutlich weniger kostet als die möglichen Konsequenzen...

Ist ein vollständiger Plan nicht verfügbar, so kann eine Netzortung eine sinnvolle Ergänzung sein und helfen, Risiken zu vermeiden. Somit stehen die Betreiberinnen und Betreiber unterirdischer Netze heute vor der Aufgabe, sich diese Entwicklung zunutze zu machen, um die Verwaltung ihrer georeferenzierten Daten in einem genauen, vollständigen und nachgeführten GIS zu rationalisieren.

Geoffrey Cornette, Vincent Galley  
Etat de Genève, Service de la mensuration officielle  
geoffrey.cornette@etat.ge.ch  
vincent.galley@etat.ge.ch

### Kurzer Abriss der Geschichte des Genfer Leitungskatasters:

Seit etwa 1990 gemeinsame Nutzung von Untergrunddaten zwischen Partnern des SITG

- 2005 (1. September) Änderung des Reglements über die Nutzung öffentlicher Grundstücke, wodurch alle Leitungseigentümerinnen und -eigentümer zur Übermittlung der Geodaten des Untergrunds verpflichtet werden
- 2005 Offizielle Lancierung eines Projekts «Kantonaler Leitungskataster»
- 2006 Anstellung eines Projektleiters zu 100 %
- 2006 Bildung einer Arbeitsgruppe mit mehreren Partnerinnen und Partnern
- 2006 Definition des Datenmodells
- 2006 Integration der ersten Daten von Privatunternehmen
- 2007 Einrichtung des Leitungskataster-Geoportals
- 2007 Übertragung der Zuständigkeit zur Führung des technischen Katasters des Untergrunds (Geotechnik für Gebäude auf privatem Grund) an das Vermessungsamt des Kantons Genf
- 2010 (September) Ende der Übergangsfrist für die digitale Erfassung der Daten
- 2011 Alle identifizierten Leitungseigentümerinnen und -eigentümer haben ihre Netzdaten übermittelt

### Links

[www.geneve.ch/sem0](http://www.geneve.ch/sem0)  
[www.sitg.ch](http://www.sitg.ch)

