

BIM im Untergrund?

Die digitale Modellierung von urbaner Umgebung steht seit einiger Zeit im Fokus – nicht zuletzt durch die Verbreitung der BIM-Methode. BIM verändert als disruptive Technologie¹ massiv unsere Arbeitsweise. Dies findet in unterschiedlichen Massstäben statt: Im territorialen Bereich verwalten geografische Informationssysteme (GIS) grosse Flächen und im Bauwerksbereich helfen BIM-Systeme Bauwerke millimetergenau zu planen. Die Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (HEPIA) wurde vom Bundesamt für Landestopografie swisstopo und dem Kanton Genf beauftragt zu untersuchen, inwieweit die beiden Technologien für eine strukturierte Modellierung der sich im Untergrund befindenden Objekte benutzt werden können.

Die Nutzung des Untergrundes als Bauvolumen wird immer wichtiger. Grosse Infrastrukturprojekte, wie zum Beispiel der Bahnhof Löwenstrasse in Zürich, die geplanten Erweiterungen der Bahnhöfe von Genf und Luzern, wandern aus Platznot und praktischen Erwägungen unter die Erde. Aber auch Antworten auf zunächst einfach erscheinende Fragen, wo zum Beispiel noch Bäume zur Verbesserung des städtischen Klimas gepflanzt werden können, benötigen eine dreidimensionale Modellierung des Untergrundes.

Was befindet sich im Untergrund?

Können aus GIS-Systemen extrahierte Daten ein komplettes Bild des Untergrundes zeichnen und können diese in die entsprechenden spezialisierten Programme (GIS, CAD und BIM) zur weiteren Bearbeitung importiert werden? Dazu wurde zunächst eine Taxonomie (Struktur) der vorhandenen Objekte erstellt. Es ist erstaunlich, wie vielfältig diese ist. So wurden unter anderem folgende Objekte identifiziert:

- Oberflächenmodell (Terrain),
- geologische Schichten,
- Baumwurzeln,
- Versorgungsleitungen (Frischwasser, Abwasser, Strom, Gas, Telekommunikation, Fernwärme etc.),
- Untergeschosse von Gebäuden,
- geotechnische Objekte (Spundwände, Geothermie-sonden etc.),
- Tunnel,
- virtuelle Objekte: belastete Böden, archäologische Stätten, öffentlich-rechtliche Eigentumsbeschränkungen.

Der Kanton Genf verfügt seit geraumer Zeit über ein gut strukturiertes und ergiebiges Geoinformationssystem,

das SITG². Viele der aufgeführten Objekte befinden sich in dieser enormen Datenbank. Es lässt sich allerdings ein deutlicher Qualitätsunterschied im Vergleich zu den bereitgestellten Daten von Oberflächenobjekten feststellen. Nicht für alle Untergrundobjekte existieren die erforderlichen dreidimensionalen Positionsangaben: Bei den Versorgungsleitungen fehlt z.B. die Tiefenangabe oder bei Gebäuden kennt man bestenfalls die Anzahl der sich unter der Oberfläche befindlichen Stockwerke. Ein weiterer Nachteil ist, dass eine rasche, kostengünstige Überprüfung der geometrischen Dimensionen wie bei Oberflächenobjekten nicht möglich ist.

Sicher lassen sich fehlende Informationen durch Hypothesen ergänzen und somit nutzbare 3D-Modelle erstellen. Die Tiefenlage von Leitungen kann aufgrund von Verlegerichtlinien und Erfahrungswerten approximativ ermittelt werden. Eine Annahme über die Stockwerkshöhe von unterirdischen Geschossen ist ebenfalls hilfreich. Über die Baumkrone und Art kann der Radius und die Tiefe des Wurzelballens abgeschätzt werden. Die so erstellten Modelle beinhalten Objekte unterschiedlicher Präzision. Nimmt man als Beispiel erneut die Versorgungsleitungen, so sind ihre horizontalen Positionen zentimetergenau, die abgeschätzte Tiefenangabe allerdings weit unpräziser. Darüber müssen Nutzerinnen und Nutzer in Kenntnis gesetzt werden.

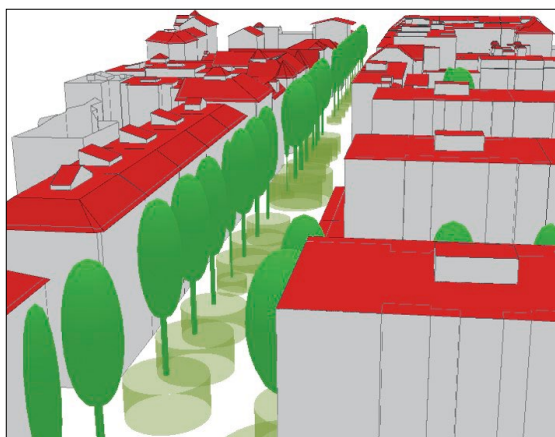
Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass selbst ungenaue Modelle, wenn sie in gängigen Datenformaten leicht zugänglich gemacht werden, volkswirtschaftliche Schäden vermeiden. Laut Geoff Zeiss, Vorstandsmitglied des OGC³, werden allein in den USA jährlich 400 000 Versorgungsleitungen wegen ungenauer Positionsangaben beschädigt. Die Kosten gehen in die Milliardenhöhe. Doch auch wenn genaue Angaben vorliegen, sind diese vielleicht zu schwer zugänglich. So wurden im Winter 2018 in Monthey wegen eines

¹ Disruptive Technologien sind Innovationen, die die Erfolgsserie einer bereits bestehenden Technologie, eines bestehenden Produkts oder einer bestehenden Dienstleistung ersetzen oder diese vollständig vom Markt verdrängen und die Investitionen der bisher beherrschenden Marktteilnehmer obsolet machen. (Quelle: Wikipedia)

² <https://ge.ch/sitg/>

³ OGC: Open geospatial consortium, normiert unter anderen CityGML

Abbildung 1: Beispiel einer auf Messdaten und Hypothesen beruhenden Positionierung und Volumendarstellung von Baumwurzeln (Zylinder)



Baggerunfalls mehrere Haushalte für einen Tag von der Fernheizung abgetrennt. Obwohl die Betreiber der Leitung die Geometriedaten dem zuständigen Amt zur Verfügung gestellt hatten, wurden diese vom ausführenden Unternehmen anscheinend nicht abgerufen.

Vergleich von GIS, CAD+ und BIM

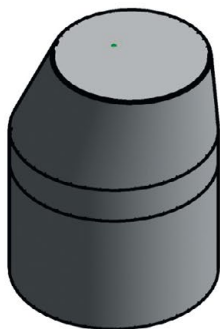
Im Rahmen der Untersuchung durch die HEPIA wurden die vom SITG zur Verfügung gestellten Daten in GIS, BIM- und CAD+-Systeme importiert. Mit CAD+-System werden hier auf den Tiefbau spezialisierte Programme bezeichnet, welche allerdings nicht BIM zugeordnet werden können. Es ist keine Überraschung, dass die GIS beim Datenimport sehr gut abschnitten, stammen doch die Basisdaten aus einem solchen. GIS sind allerdings nicht die für die Planung und Ausführung von Tiefbauten übliche Arbeitsmittel. Sie erlauben aber das Erkennen geometrischer Konflikte.

Bei den auf den Tiefbau spezialisierten CAD+-Systemen lassen sich GIS-Daten gut importieren. Die spätere Nutzung geschieht allerdings über Erweiterungsmodule, welche auf den jeweiligen Anwendungsfall (Leitungsbau, Tunnelbau etc.) zugeschnitten sind und in der Bedienung unterschiedliche Logiken verfolgen. Sie lassen keine semantisch korrekte objektorientierte Modellierung zu. Diese ist allerdings für eine spätere Auswertung entscheidend. Darüber hinaus sind die Exportmöglichkeiten zu BIM-Programmen unzureichend.

Bei BIM-Systemen ist zunächst festzustellen, dass das von ihnen verwendete Datenmodell nur ein Objekt des Untergrundes unterstützt: das Oberflächenmodell (Terrain). Auf Umwegen ist es jedoch möglich, die fehlenden Objekte ebenfalls in einem BIM-Modell darzustellen. Zunächst muss der «Extracteur» des GIS-Systems allerdings die Daten in anderen Formaten als *.SHP oder *.DXF exportieren. In dem von der HEPIA getesteten Fall handelt es sich um ASCII-Dateien, welche von einem in einer grafischen Programmiersprache (Dynamo) erstellten Applikation eingelesen und im BIM-Modell georeferenziert und dargestellt werden.

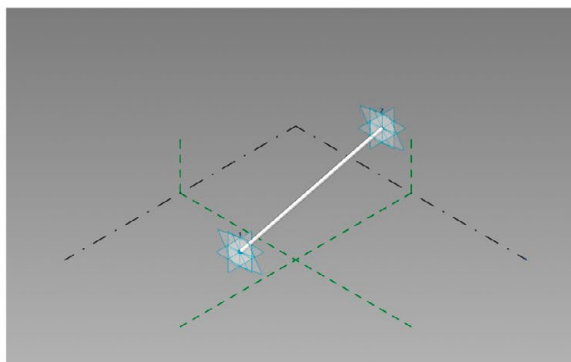
Zu einer weiteren Analyse, z.B. einer Kollisionsprüfung, wird das so erstellte Modell als IFC⁴ exportiert. Theoretisch existieren seit den IFC4 einige Objekte, welche Daten von Untergrundobjekten semantisch korrekt aufnehmen könnten. Doch obwohl fast alle BIM-Programme IFC4-zertifiziert sind, ordnen sie unbekannte Objekte automatisch, aber semantisch falsch, dem «IfcBuildingElementProxy» zu. Dies liegt daran, dass nur genau genormte Exporte, wie der «Design Transfer View» oder der «Reference View», welche die gewünschten Objekte nicht enthalten, zertifiziert werden. Über den Umweg einer Klassifizierung im Analyseprogramm kann dennoch eine Kollisionsprüfung durchgeführt werden.

Abbildung 2: Integration eines Leitungsnetzwerkes über parametrische Objekte und Beziehungsdateien



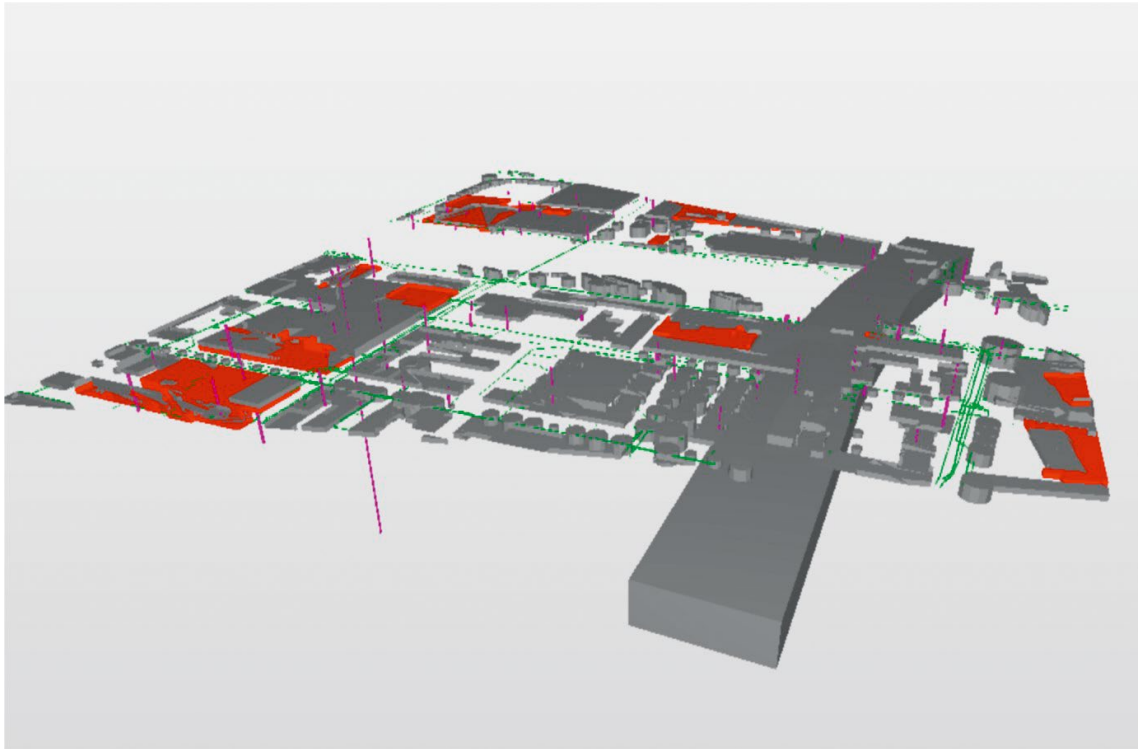
Location ID	Location Typ	Easting	Northing	Ground Level	Final Depth
298 RB		2499277.49	1117105.17	373.5	353.5
344 RB		2498995.47	1117032.17	376.28	360.28
361 RB		2499048.47	1117036.17	375.5	367.5
401 RB		2499379.49	1117024.17	374.12	366.12
408 RB		2499183.48	1117090.17	374.2	355.8
427 RB		2499469.49	1116980.17	374.32	366.32
432 RB		2499021.47	1117100.17	372.9	360.9
434 RB		2499077.49	1117168.17	373.5	361.5
475 RB		2499043.47	1117073.17	375.32	360.32
476 RB		2499100.48	1117143.17	373.56	358.56
487 RB		2499473.5	1117085.16	374.26	354.26
488 RB		2499518.5	1117047.17	374.49	359.49
489 RB		2499520.5	1116996.17	374.67	354.67
490 RB		2499566.5	1117027.17	374.84	364.84
544 RB		2499504.51	1117120.16	374.58	354.58
545 RB		2499528.51	1117080.16	374.71	354.71
546 RB		2499573.51	1117060.16	374.79	354.79
549 RB		2499286.47	1116735.18	375.9	345.9

Conduite	Startpoint	Endpoint
A	223	225
C	224	225
B	223	224
D	224	295
E	225	295
F	295	298



⁴ IFC oder Industry Foundation Classes ist ein Standard für den openBIM Datenaustausch.

Abbildung 3: Semantisch korrekte Klassifikation von Untergrundobjekten in Solibri



BIM im Untergrund – unter Vorbehalt möglich

BIM kann für die Dokumentation des Untergrunds eingesetzt werden, aber momentan sind noch weitere Bemühungen seitens buildingSMART⁶ und OGC zu einer Integration ihrer Datenstrukturen erforderlich. Mit IFC5 will buildingSMART das IFC-Modell auf lineare Bauwerke (Brücken, Tunnel, Strassen) ausweiten. Versorgungsleitungen ausserhalb von Bauwerken sind allerdings nicht Bestandteil des Modelles. Als interoperable Datenstruktur im GIS-Bereich bietet CityGML die Möglichkeit, diese über den Umweg einer ADE⁷ einzubinden.

Es bleibt also weiterhin spannend: Die Frage, ob BIM-Systeme in den Bereich der GIS vordringen werden oder umgekehrt, ist noch nicht abschliessend geklärt. Eine Koexistenz, basierend auf zwei überlappenden Datenmodellen, erscheint wahrscheinlicher. Wichtig wäre eine bessere, interoperable Datengrundlage. Selbst ein im Vergleich zu anderen Kantonen als leistungsfähig bekanntes System wie das SITG kann nicht alle benötigten Daten zur Verfügung stellen. Hier wären genauere Vorgaben für die Erfassung der Geometrie, der Topologie, der Attribute und der Metadaten von Untergrundobjekten, welche alle abschliessend in einem digitalen Datenmodell zusammengefasst werden, enorm hilfreich.

An dieser Stelle sei sehr herzlich swisstopo und dem Kanton Genf für die Finanzierung dieses spannenden Themas gedankt.

Bernd Domer, Dr ès sc. EPFL
 HES-SO, HEPIA, Genf
 bernd.domer@hesge.ch

⁵ Solibri Model Checker ist eine Software zur Sicherung und Qualitätsprüfung von BIM-Modellen.

⁶ buildingSMART ist die internationale Vereinigung, welche den IFC-Standard normiert.

⁷ ADE: Application domain extension