

formen wird letztlich den Erfolg bringen und die noch nötige Effizienzsteigerung bei der Bereitstellung von Virtual und Augmented Reality. Optimierungen in den Projekten dank der AR/VR-Technologie dürften nur erreicht werden, wenn der Bauherr sowie der Ingenieur sich bei den Projekten zum Ziel setzen, proaktiv die Technologie einzusetzen, um über die Zeit davon gewinnbringend profitieren zu können. Daten müssen effizient und in der benötigten Genauigkeit und Detaillierung bereitgestellt werden können.

*SOGI Fachgruppe 4 GIS Technologie*

*[technologie@sogi.ch](mailto:technologie@sogi.ch)*

*Marc Fürst, Stefan Keller, Christof Leuenberger, Nadia Panchaud, Markus Schenardi*



---

## **SOGI FG7: Erfahrungen mit Digitalisierung im Leitungsbau**

### **Erste Erfahrungen und Erkenntnisse**

#### **Fazit**

Der Leitungsbau liegt auch im Jahr 2021 noch deutlich hinter dem Hochbau oder dem Anlagenbau, wenn es um Digitalisierung geht. Hemmend sind zum einen fehlende Höhenangaben zu den bestehenden Leitungen und aber auch die Normierung. So sind Werkleitungen auch mit IFC5 noch nicht abgebildet. Nur die Kanalisation kennt absolute Höhen. Die anderen Medien führen vereinzelt Überdeckungen oder Informationen über Abweichungen von Standardhöhen. Zur Ermittlung von absoluten Höhen ist deshalb ein digitales Terrainmodell für viele Projekte zwingend notwendig. Die Erfahrung zeigt auch, dass immer noch viel Handarbeit nötig ist. Die Handarbeit aber vielleicht trotzdem effizienter und zuverlässiger ist, als die Erarbeitung von Schnittstellen und Algorithmen. Die Rückführung eines in der Realität gebauten Modells in die bestehenden Netzinformationssysteme wurde noch nicht angegangen. Aber für die Zukunft müssen wir uns überlegen, was wir mit den Modellen machen und wie wir zukünftig unsere Werkleitungen dokumentieren werden.

#### **Einleitung**

Die Digitalisierung kommt langsam auch im Tiefbau und im Leitungsbau an. Doch wie weit ist die Branche und welche Erfahrungen und Erkenntnisse gibt es. Dazu wurden verschiedene Branchenvertreter befragt. Ihre Erfahrungen werden in den nachfolgenden Kapiteln wiedergegeben.

## Michael Berteld, Industrielle Werken Basel (IWB)

Michael Berteld arbeitet bei den Industriellen Werken Basel (IWB) und befasste sich mit der Aufbereitung von Werkleitungsdaten der vorhandenen fünf Sparten im dreidimensionalen Raum konkret für die Planung des neuen Autobahntunnels unter der Stadt Basel. Das Ziel war herauszufinden, welchen Raum die IWB mit ihren Leitungen belegen. Die Lage und Breite der Leitungen ist gut bekannt, aber Informationen zur Höhe waren unvollständig und teilweise auch unzuverlässig. Mit den bekannten Überdeckungen und dem Geländemodell konnte eine erste Version eines 3D Modells der Werkleitungen erstellt werden. Über eine Entscheidungsmatrix (genau, ungenau, unbekannt) und Regelverlegetiefen wurden fehlende Höhenangaben ersetzt. Die einzelnen Gewerke wurden gegeneinander validiert und Kollisionen weitestgehend bereinigt, denn es ist nicht möglich, dass zwei Leitungen denselben Raum einnehmen. Besonders interessant war der Vergleich mit den «Fremddaten» der Kanalisation (Zuständigkeit Tiefbauamt BS). Obwohl hier die Höheninformationen deutlich mehr und verlässlicher sind, zeigten sich nur sehr wenige

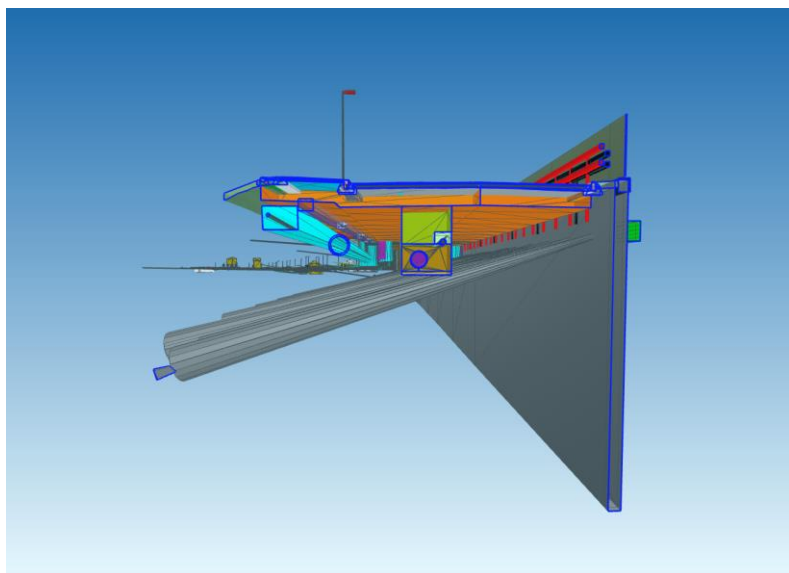


Kollisionen mit den 3D-Daten IWB. Über mehrere Iterationsstufen wurde die Zuverlässigkeit des 3D-Modells immer weiter nachvollziehbar verbessert. Die IWB konnten so ohne zusätzliche Messungen vor Ort ein nutzbares 3D-Modell ihrer Leitungen erstellen.

Abbildung 1: Datenbestand IWB und Tiefbauamt BS in der Freien Strasse in Basel (Quelle: IWB und TBA)

## Mark Berther, Basler & Hofmann AG

Mark Berther, BIM-Koordinator Infrastruktur beim Ingenieur-, Planungs- und Beratungsunternehmen Basler & Hofmann war bereits in mehreren BIM-Pilotprojekten mit der Aufgabe beschäftigt, bestehende Werkleitungsdaten aus geografischen Informationssystemen (GIS) in die datenbankstrukturierte und BIM-fähige Autorensoftware zu übertragen. Im ersten BIM-Pilotprojekt versuchte er und sein Team zusammen mit dem Softwarehersteller die GIS-Daten anhand einer



Shape-Datei (Geometrie und Attribute) zu implementieren. Es hat sich schnell gezeigt, dass dieser Weg zwar fachlich korrekt, aber aktuell noch aufwendig ist, da keine standardisierte SIA405-Schnittstelle zur Verfügung steht.

Abbildung 2: Küssnacht ZH, Alte Forchstrasse (Walo Bertschinger AG und Basler & Hofmann)

Sanierung von Strasse und Werkleitungen: Die Werkleitungen wurden nach Status (Bestand, Abbruch und Neubau) und Medium separat und mit Attributen angereichert im IFC-Format bereitgestellt.

Deshalb hat das Team in den folgenden BIM-Pilotprojekten den horizontalen Verlauf der Leitungen auf Basis des DXF-Export (SIA405-Schnittstelle) in die BIM-Autorensoftware überführt. Die manuelle Bearbeitung erfolgte nach dem gleichen Vorgehen wie im GIS: Schacht – Haltung – Schacht. Die Objekte sind direkt miteinander verknüpft. Für die Definition des Perimeters der zu modellierenden bestehenden Werkleitungen haben sich für das Team folgende drei Kriterien bewährt: Anschluss an Bestand, Konfliktpotenzial mit projektierten Werkleitungen und dem Leitprinzip «so viel wie nötig, so wenig wie möglich». Sämtliche Schachtdaten inklusive Höhenangaben wurden, sofern vorhanden, vom DXF übernommen und den entsprechenden Objekten als Attribut hinzugefügt. Fehlende Höhenangaben wurden mit dem Geländemodell und der Annahme von Standardüberdeckungen kompensiert sowie attributiv festgehalten. Auf Basis dieses Vorgehens haben die Fachleute bei Basler & Hofmann inzwischen einen pragmatischen Weg gefunden, um bestehende Werkleitungen als Projektierungsgrundlage in die BIM-Software zu integrieren.

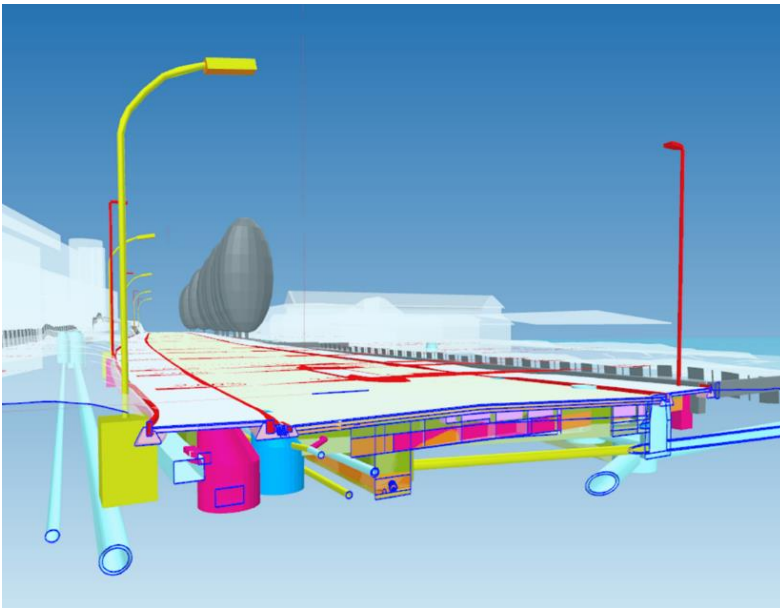


Abbildung 3: TBA Kanton Zürich, Seestrasse Meilen (Basler & Hofmann)  
Sanierung von Strasse und Werkleitungen:  
Die Werkleitungen wurden nach Status (Bestand, Abbruch und Neubau) und Medium separat und mit Attributen angereichert im IFC-Format bereitgestellt.

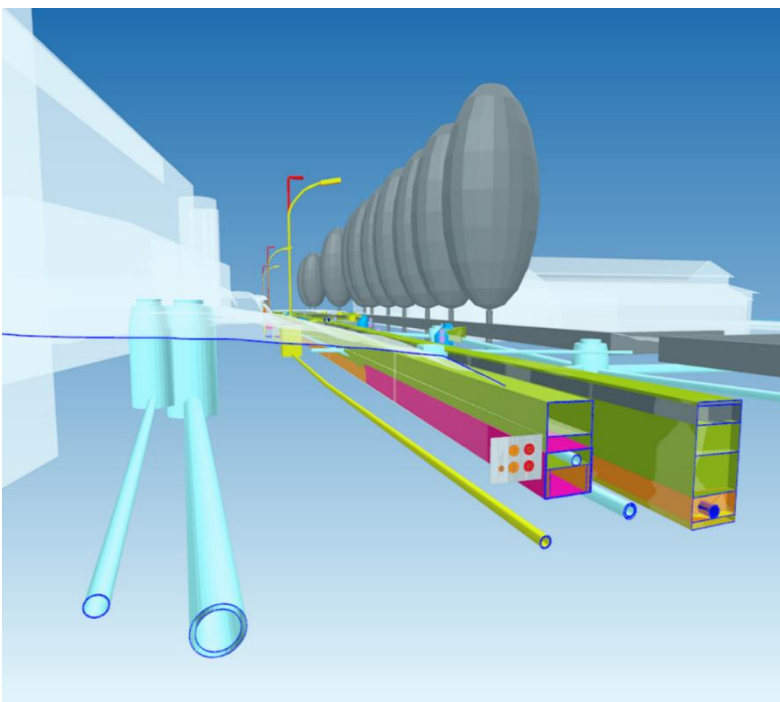


Abbildung 4: TBA Kanton Zürich, Seestrasse Meilen (Basler & Hofmann)  
Sanierung von Strasse und Werkleitungen:  
Die Werkleitungen wurden nach Status (Bestand, Abbruch und Neubau) und Medium separat und mit Attributen angereichert im IFC-Format bereitgestellt.

## Daniel Bommer, Emch+Berger AG Bern

Daniel Bommer hat für Emch+Berger AG Bern erste Erfahrungen mit BIM im Leitungsbau mit dem Projekt Bärenkreisel in Aarberg gesammelt (Quelle zitieren). Das Ziel war die Datenaufbereitung für eine Planung im dreidimensionalen Raum. Naturgemäss waren die Höhenangaben für die Kanalisation am besten. Aber neben fehlenden Höhen gab es weitere Unsicherheiten:

- Beim Abwasser fehlten teilweise die Orientierung des Schachtkonus, was zu Abweichungen der Leitungssachse führen kann.
- Bei EW-Leitungen, die in einem Kabelblock neben und/oder übereinander angeordnet sind, ist oft die Lage des Kabelblocks und der einzelnen Rohre nicht eindeutig definiert.

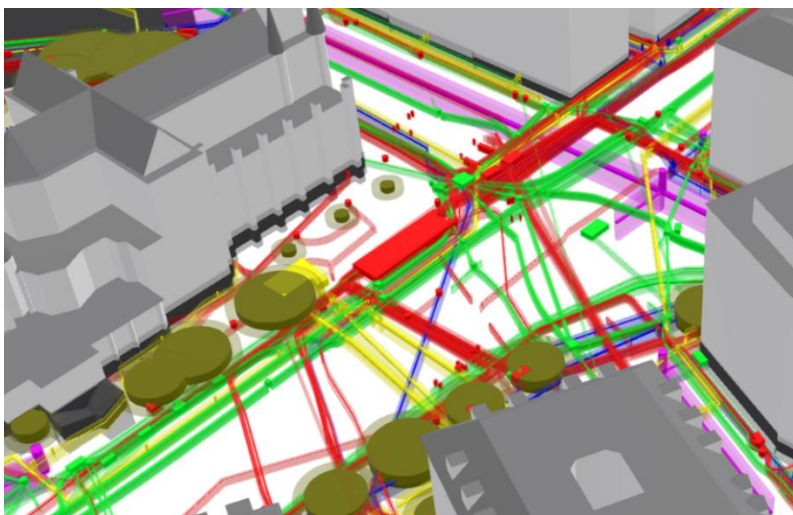
Der unsichere Leitungsverlauf wurde mit zwei zerstörungsfreien Methoden verifiziert:

- Auf den EW-Kabel wurde ein Impuls gegeben und die Leitungen so geortet.
- Ein Georadar wurde eingesetzt. Die genaue Bestimmung der Lage und der Überdeckung der Leitungen ist, abhängig von der Bodenbeschaffenheit und dem Leitungsmaterial, aufwendig und schwierig. Auf Grund der gemachten Erfahrungen lässt sich der Georadar ergänzend, aber nicht zur alleinigen Ortung von Leitungen einsetzen.

Fazit: Es ist nicht möglich, ein vollständiges und fehlerfreies Bestandsmodell aufzubauen, da es insbesondere unter dem Terrain noch zu viele Unbekannte gibt.

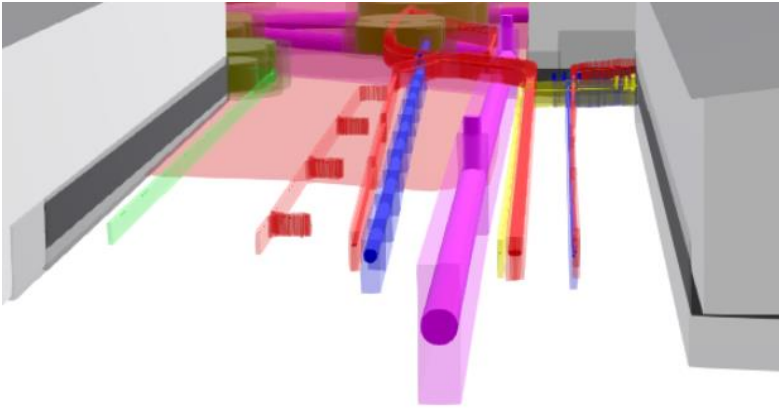
## Fabio Mariani, Service Industriel de Genève SIG (Text auf Deutsch)

Fabio Mariani vom Service Industriel de Genève arbeitet an einem Forschungsprojekt, das sie zusammen mit dem Kanton Genf, den Hochschulen HEPIA und UniGE und dem privaten Büro Topomat SA durchgeführt haben. Dabei wurde untersucht, wie aus den vorhandenen 2D-Daten 3D-Daten generiert werden können (siehe Abbildung 5 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Neben den bekannten Ansätzen mit Überdeckungen und Standardtiefen wurden Algorithmen entwickelt, um ungewöhnliche Abweichungen zu detektieren und fehlende 3D-Daten zu ergänzen. Die Besonderheit des Projektes ist die Ermittlung von 3D Daten auf der Grundlage von mehreren Hypothesen (Tiefen und oder Höhen liegen vor, Normtiefen von Leitungen, Abstand zum digitalen Höhenmodell, ...). Um die Leitungen werden rechteckige Volumenkörper erzeugt (siehe Abbildung 6), abhängig von den Ergebnissen aus der Berechnung des Z-Wertes. Die Breite und die Höhe der Volumenkörper ergibt sich aus den für die Berechnung verwendeten Hypothesen um eine Vertrauenszone um die Leitungen zu bilden. Die Lage der Lei-



tungen ist im Allgemeinen besser bekannt als die Höhe, deshalb sind die Volumenkörper nur wenig breiter als die Leitung (geringe Abweichung X und Y), aber deutlich höher (Höhe, Tiefe). Die Volumenkörper der verschiedenen Gewerke durchdringen sich auch in der Stadt Genf. Diese Konflikte erfordern eine spezielle Bearbeitung.

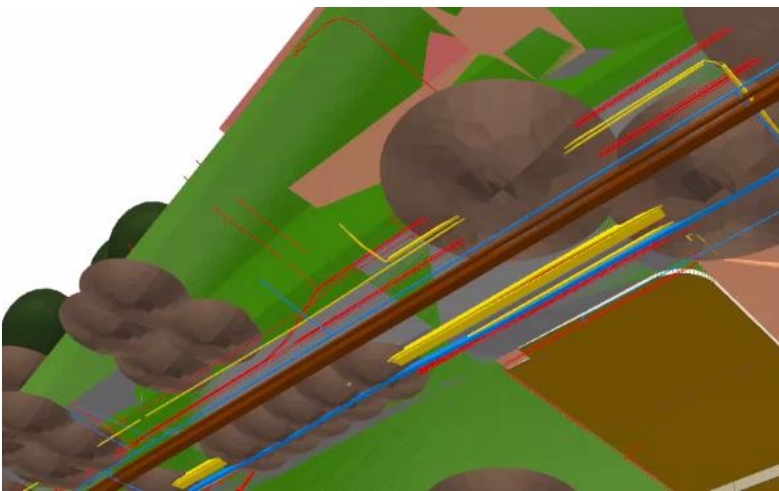
Abbildung 5: Leitungskataster Genf (Quelle: SIG, Kanton Genf, HEPIA, UniGE, 2021)



Die GIS-Verantwortlichen beim Kanton Genf entwickeln für ihr räumliches Informationssystem SITG (Systeme d'information du Territoire Genevois) einen BIM-Export in das IFC-Format (siehe Abbildung 7).

Abbildung 6: Leitungskataster Genf mit Vertrauensintervalle (Quelle: SIG, Kanton Genf, HEPIA, UniGE, 2021)

Die Quelldaten liegen nur in 2 Dimensionen vor. Der Export richtet sich an Architekten, Landschaftsarchitekten, etc. Die 3. Dimension wird in diesem Fall einfach als konstanter Versatz zum Geländemodell angenommen ohne Verwendung von präziseren Informationen, zumindest in



der ersten Version des Exports. Zurzeit werden die Werkleitungen noch nicht durch die Version 5 des IFC-Modells abgebildet. Sie kommen vielleicht in einer späteren Version. Deshalb behilft man sich bei dem SITG mit eigenen Klassen als Erweiterung zum IFC-Modell-

Abbildung 7: BIM-Export (Quelle: SITG, 2021)

### Fabio Mariani, Service Industriel de Genève SIG (texte en français)

Fabio Mariani des Services Industriels de Genève partage un projet de recherche qu'ils ont mené en collaboration avec le canton de Genève, les hautes écoles HEPIA et UniGE et le bureau privé Topomat SA. Ils ont étudié la manière dont les données 3D peuvent être générées à partir des données 2D existantes (voir figure Abbildung 5). Outre les approches familières avec les chevauchements et les profondeurs standard, des algorithmes ont été développés pour détecter et corriger les déviations inhabituelles et le remplissage des données 3D absentes. La particularité de ce projet est également sa capacité de calculer les informations des données 3D absentes à partir de plusieurs hypothèses (existence d'une valeur de profondeur/altitude, la profondeur théorique des réseaux, écart par rapport au modèle numérique d'altitude, ...). Des corps solides rectangulaires sont créés autour des lignes en fonction des résultats de calcul de la valeur Z des objets (voir figure Abbildung 6). La largeur et la hauteur de ces solides résultent de l'hypothèse utilisée lors du calcul pour visualiser une zone tampon de confiance de présence des objets réseau. L'emplacement étant généralement mieux connu que la hauteur, les corps volumiques sont légèrement plus larges que la largeur du tuyau (faible écart X et Y), mais avec des écarts plus hauts en hauteur/profondeur (Z). Les corps de volume des différents métiers se croisent également en ville de Genève ainsi des conflits peuvent être détectés pour des traitements spécifiques.

A l'Etat de Genève le SITG (Systeme d'information du Territoire Genevois) est en train de développer également un extracteur BIM au format IFC à partir des données 2D à destination des métiers de la construction (architectes, paysagistes, etc...) (voir figureAbbildung 7). La génération de la 3<sup>ème</sup> dimension sera ici limitée à une profondeur constante parallèle à la surface, sans existence d'informations de précision, dans un premier temps.

Actuellement les réseaux de sous-sol dans la version 5 de l'IFC ne sont pas modélisés, seuls les réseaux ferroviaires y sont présents. Cela arrivera dans les versions futures mais en attendant des classes spécifiques personnalisées doivent être créés pour le SITG.

*Martin Stahl1, Energie Wasser Bern, Bern, Schweiz*

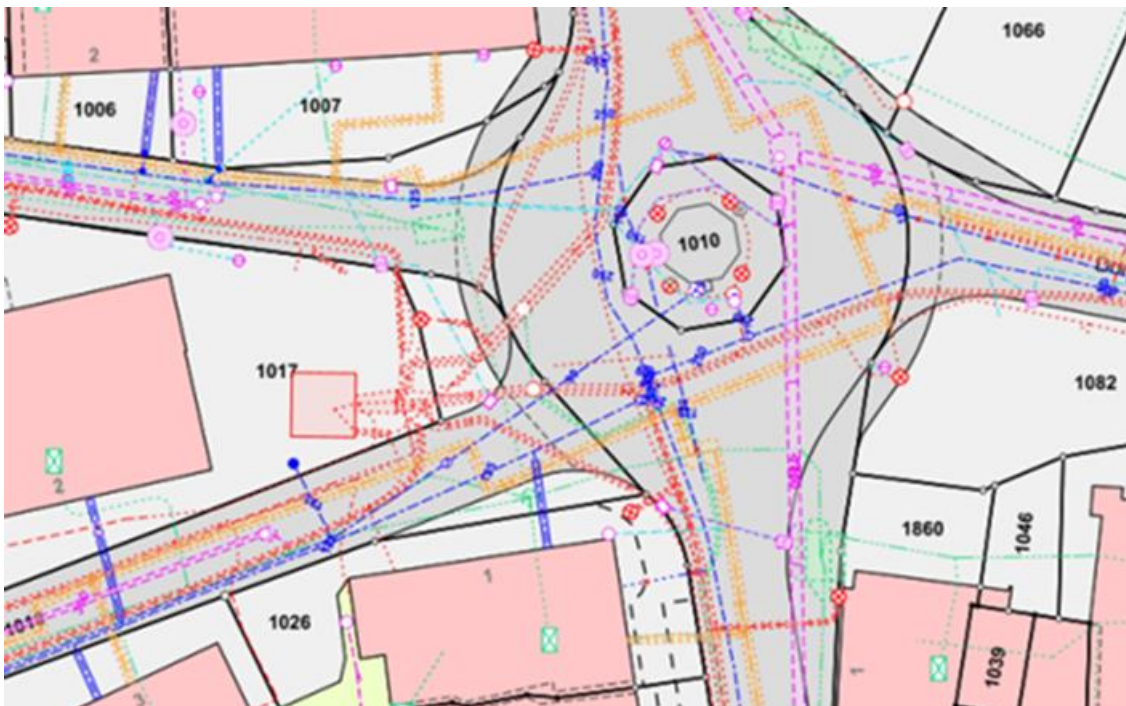
*Jürg Reist, AEW Energie AG, Aarau, Schweiz*

*Korrespondenzautor: martin.stahl@ewb.ch*



## Leitungskataster CH: Stellungnahme SVGW

Der Bundesrat will in enger Zusammenarbeit mit den Kantonen ein nationales Leitungskataster aufbauen. Mit einer zeitgemässen Dokumentation der ober- und unterirdischen Leitungen sollen sich zum Beispiel Bauvorhaben im Untergrund einfacher planen und die Risiken besser abschätzen lassen.



Ein Leitungskataster dokumentiert die durch Leitungen belegte Fläche im Raum. Dazu zählen ober- und unterirdischen Infrastrukturen der Netze für Wasser, Abwasser, Gas, Elektrizität, Kom-