

# 3D-Bildbasierte Infrastrukturplattformen – Eine Neufokussierung aus Anwendersicht

Heinz STANEK<sup>1</sup> Hannes EUGSTER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>stancon, Wien · h.stanek@stancon.at

<sup>2</sup>iNovitas AG, Baden-Dättwil CH · hannes.eugster@inovitas.ch

## Zusammenfassung

Die laufende Fortentwicklung des GIS Marktes zeigt eine eindrucksvolle Entwicklungsgeschichte auf. Waren es anfangs – Mitte der 70er Jahre - systemdominante Themen, wie etwa die Optimierung von Hardware und Algorithmen, folgten dann Entwicklungen im Bereich Akquisition von geeigneten Daten und deren Organisation in Datenbanken und schließlich projektübergreifende Systemintegration.

Die Anwenderszene ist derzeit in Veränderung begriffen. Nicht mehr nur reine Spezialisten, sondern eine breite Anwenderschicht greift nun auf vorbereitete Informationsbestände mit unterschiedlichsten Fragestellungen zu. Aktuell müssen daher diese Bedürfnisse zunehmend durch die flexible Einbindung oder Nutzung von Services auf unterschiedlichsten Plattformen erfüllt und laufend optimiert werden. Gleichzeitig sind auch die Anforderungen an die Vielfalt, die Qualität und häufig auch an die Aktualität von räumlicher Information zu erfüllen. Der systematische Einsatz von digitalisierten Infrastrukturen in Form von intelligenten verorteten dreidimensionalen Messbildern unterstützt diese Prozesse in idealer Weise. Diese anwendergetriebene GIS-Perspektive bildet die methodische Grundlage für den infra3D Service. Dem Erfassungskonzept eines Mobile Measurement Services folgend, werden hochaufgelöste Bilder automatisiert zu präzise georeferenzierten 3D Bilder verarbeitet und als web(cloud)basierter Service beim Anwender zur universellen Nutzung, ohne dem Erfordernis einer lokal installierten Systemkomponente, bereitgestellt. Infra3D macht Infrastrukturkorridore jederzeit hochaufgelöst, dreidimensional und georeferenziert an jedem Arbeitsplatz verfügbar und ermöglicht die jederzeitige Informationsextraktion nach Bedarf. Dank der Verteilbarkeit und der Einfachheit können beliebige benötigte Informationen jederzeit ausgewertet und Geodaten durch Fachanwenderinnen und -anwender selbst erfasst werden. Das digitale Abbild kann als einheitliche Datenbasis verschiedenste Geschäftsprozesse unterstützen und einfach mit Drittanwendungen gekoppelt oder in diese integriert werden. Der visuelle Vergleich im Bild bietet für jeden Nutzenden eine direkte Prüfmöglichkeit von Qualität, Zuverlässigkeit, Homogenität, Vollständigkeit und eignet sich damit bestens für die einfache Interpretation bestehender Geodaten oder daraus abgeleiteter Analysen.

## 1. GIS - Tradition und Innovation

Unsere heutige Sicht auf den Themenbereich erfordert zumeist einen sehr reduzierten Umfang, jeweils fokussiert auf festgeschriebene Anwendungsbereiche. Diese spezialisierte Sicht ist einerseits aus dem jeweiligen Fachbezug und andererseits aus technischen oder

---

Hanke, K. & Weinold, Th. (Hrsg.) (2017): 19. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2017.  
© Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH, Berlin/Offenbach. ISBN 978-3-87907-xxx-x.

wirtschaftlichen Rahmenbedingungen gegeben. So ist etwa der Interessenbereich zur Leitungsdokumentation auf die unmittelbar angrenzenden, bzw. durch Geschäftsprozesse berührten Flächen beschränkt. Die Aufwendungen zur flächendeckenden Erfassung des urbanen Gesamttraums ist daher oftmals zu hinterfragen.

Oft werden verfügbare Informationsquellen als räumliche Bezugshilfe eingebunden. Die Hinterlegung von flächigen Inhalten, wie z.B. entzerrte Luft- oder Satellitenbilder, aber auch Kartengrundlagen in verschiedenen Maßstabsbereichen, wie etwa Katastralmappen, oder topographische Karten sind dabei in Verwendung. Die korrekte Interpretation und Einschätzung des Qualitätsniveaus erfordert von Nutzerseite in jedem Fall entsprechende Fachkompetenz mit Berücksichtigung von Metainformation dieser Datenquellen. Die hier, von Fachspezialisten erstellten Auswertungen, berücksichtigen dies - bzw. sind bei der Weitergabe entsprechend zu dokumentieren.

Die Verwendung von aktuellen Sensoren zur Ergänzung, Aktualisierung bzw. Überprüfung von räumlichen Grundlagen erfolgt mit Ausrichtung auf ein Interessensgebiet - oder auch bezüglich spezieller Inhalte. Dabei kommen zumeist aktuelle Sensoren und Bearbeitungsmethoden zur Anwendung, die vom Herstellungsverfahren des ursprünglichen Inhaltes abweichen. Die korrekte räumliche und inhaltliche Zuordnung bilden dabei die wesentlichen Qualitätskriterien.

Aktuell ist der Trend zur Einbindung von GeoInformation in Form von Web-basierten Services. Dabei werden Informations-Layer nicht mehr in eigene Anwendungen importiert, sondern durch Anwendung von definierten Services in eigene Applikationen eingebunden. Der klare Vorteil liegt dabei im direkten Zugriff auf den zentral organisierten Dateninhalt und der Vermeidung einer lokal abgespeicherten Kopie. Die Bereitstellung, gegebenenfalls Aktualisierung und auch Abrechnung, erfolgt durch eine Quelle, die als Serviceanbieter auftritt. Die Steuerung von Zugangsmöglichkeiten für inhaltliche, zeitliche und räumliche Ausdehnung ist damit zentral möglich.

Web 2.0 ist ein Begriff, der für eine Reihe interaktiver und kollaborativer Elemente des Internets, speziell des World Wide Webs, verwendet wird. Dabei konsumiert der Nutzer nicht nur den Inhalt, er stellt als „Prosument“ selbst Inhalt zur Verfügung. Dabei wird das Web nicht mehr für die reine Verbreitung von Informationen bzw. der Produktverkauf durch Websitebetreiber durchgeführt, sondern die Beteiligung der Nutzer am Web und die Generierung weiteren Zusatznutzens stehen im Vordergrund. (LACKES, SIEBERMANN 2016)

GIS 2.0 oder auch GeoWeb 2.0 wurden als Begriffe für Umsetzungen zur breiten Anwendung von webbasierten GIS Umsetzungen, mit spezialisierten Ausrichtungen erkannt. Die verwendeten Web- Technologien wurden zunehmend universeller. Aktuell bieten OGC Web Services, oder auch REST Services bspw. von ESRI ausgereifte Möglichkeiten zur verteilten Nutzung der Geodateninhalte für autorisierte User.

Gleichzeitig ist damit auch die Möglichkeit der direkten Kombination von lokal organisierten Datenbeständen in Objektform - in spezialisierten Präsentationsformen möglich. Aus der Sicht des Infrastrukturbetreibers besteht damit die Integrationsmöglichkeit mit Information aus dessen eigener Geodateninfrastruktur (GDI).

## 2. Infrastruktur, Dokumentation - Prozessintegration

Die Erschließung des Lebensraumes umfasst unter anderem, die Errichtung, den Betrieb und die Bewirtschaftung von Verkehrswegen und Leitungen, sowie räumlich begrenzter Anlagen. Infrastruktureinrichtungen stellen im Regelfall langlebige Vermögenswerte dar, die damit auch hohe Ansprüche an die Dokumentation stellen. Der Aufwand für hochwertige Dokumentation scheint im Hinblick auf die Investitionskosten gerechtfertigt, muss jedoch in den laufenden Betriebs- bzw. Wartungskosten berücksichtigt werden. Die Position, aber auch der Zustand muss erfasst und laufend aktualisiert werden, um alle erforderlichen Bearbeitungsprozesse, wie Errichtung, laufende Wartung, Planung von Sanierungsmaßnahmen, Rückbau etc. durchführen zu können. Dazu wurden ursprünglich analoge Pläne mit unterschiedlichsten Techniken digitalisiert und in GIS integriert. Die räumliche Zuordnung wird durch Festlegung eines einheitlichen räumlichen Referenzsystems, bzw. Angabe von absoluten Koordinaten, sowie der Höhenlage vereinheitlicht.

Laufende Aktualisierungen werden, auf dieser Grundlage aufbauend, eingearbeitet. Aktuell steht damit typischerweise eine zusammengeführte digitalisierte Grundlage als Dokumentation - je Betreiber bzw. Type einer Infrastruktur zu Verfügung. Der Status dieser Dokumentationen von einzelnen Infrastrukturbetreibern kann dabei deutlich variieren, da jeweils individuelle Prozesse die Technik und den Aufwand regeln.

Technischer Fortschritt im Infrastrukturbereich führt dabei zu völlig neuen Anforderungen und Bearbeitungsprozessen zum Betrieb, der Regelung und Überwachung von Betrieb und Sicherheit. So werden etwa Signaleinrichtungen durch integrierte Zusatzsensoren unmittelbar beeinflusst. Die laufende Erfassung von Frequenzen, bzw.- Volumina zur Steuerung wird direkt zur Optimierung von Verkehrsflüssen in flexiblen Gebietsbereichen verwendet. Die Vernetzung dieser aktuellen Information ermöglicht die Optimierung der Nutzung aus wirtschaftlicher Sicht, ebenso wie die Verfeinerung von Sicherheitskonzepten für den laufenden Betrieb. Dabei werden aktuelle Sensor- und Zustandsdaten der Infrastrukturanlagen direkt mit deren Dokumentation verknüpft und bilden die Grundlage für laufende Entscheidungsprozesse. Die fachübergreifende Nutzung ermöglicht die Ausweitung des gesamten Anwendungsbereiches und die universelle Nutzung auf ein Vielfaches der einzelnen, eingebrachten Teilinformation.

Der Begriff „Industrie 4.0“ wurde plakativ aus dem Blickpunkt der 4. industriellen Revolution gewählt, auch in einem Entwicklungsprogramm der dt. Bundesregierung entwickelt. (siehe z.B. RAMSAUER 2013). Die möglichen Auswirkungen auf das industrielle Umfeld wurden in einer Studie (SPÄTH 2013) erhoben und analysiert. Die Bedeutung liegt in der Ausrichtung auf der Integration von Digitalisierung, Vernetzung, Algorithmen, sowie der gezielten Erfassung und Verarbeitung von Smart Data Ansätzen.

Aus dem aktuellen Blickpunkt „Industrie 4.0“ lässt sich ein unmittelbarer thematischer Zusammenhang ableiten, wobei naturgemäß der Aspekt von Services zu integrieren ist (SENDER 2013). Demgemäß beschreibt IoTS (Internet of Things and Services) den derzeit aktuellen Fokus der laufenden Entwicklung von webbasierten Kommunikationsformen. Die Knoten bilden nun auch direkt Geräte, Sensoren und Systeme in hoch flexibler Weise. Die gesamte Prozessorganisation stützt sich zunehmend auf verteilte Ressourcen bzw. Produktions -und Serviceeinheiten.

### 3. Anwender, Spezialist - Systemfokus

Bedingt durch die deutliche Erweiterung der unmittelbaren Nutzungsbereiche müssen die relevanten Informationen direkt, rasch, in transparenter und aktueller Qualität verfügbar sein.

Die Aufbereitung muss auf die - a priori nicht bekannten - vielfältigen Strukturen von Fachbereichen der Nutzergruppe abgestimmt sein. Andererseits sollen die Anforderungen zur Nutzung der Dokumentation aus den Blickpunkten der technischen Voraussetzungen, spezieller Kenntnisse und Ausbildung limitiert bleiben. Die Bandbreite soll einerseits einfache Auskunftserteilung - zugänglich für die Allgemeinheit, andererseits spezielle Auswertungen und Analysemöglichkeiten für Fachspezialisten umfassen. Naturgemäß, sind dabei die Komplexität der Anwendung, bzw. das User- und Daten Interface unterschiedlich zu sehen. Im einfachsten und auch häufigsten Fall, kommt die Anfrage als direkte Web-Auskunft, ohne spezielle SW-Installation aus.

Die erkennbaren Möglichkeiten zur universellen Mehrfachnutzung müssen wirtschaftliche, sicherheitsrelevante technische und rechtliche Rahmenbedingungen berücksichtigen. Die Festlegung, wer, wann, welche Inhalte mit jeweils zugewiesenen Detaillierungsgrad nutzt, muss verbindlich organisiert werden.

Überwiegend beziehen sich Abfragen und Analysen auf die Perspektive der üblichen Nutzung der Infrastruktur. So werden etwa für den Fall von Verkehrswegen Blickrichtungen im Verlauf der Straßen- oder Bahnachse zumeist primär, als linearer Bezugsrahmen gesehen. Zahlreiche Prozesse zur Errichtung, Betrieb und Erhaltung beziehen sich unmittelbar auf dieses Referenzsystem, wie etwa die Signalisierung im laufenden Betrieb. Erfassungsmethoden mit abweichender Perspektive, wie etwa luftgestützte Sensorik, können dabei nur Teilaspekte vollständig berücksichtigen.

Die vernetzte Nutzung der Informationsbestände führt zunehmend zu einer Ausweitung des Anwendungsspektrums und damit verbundenen - einer sprunghaften Erweiterung der Anwender. Entsprechend müssen die bereitgestellten Inhalte eindeutig interpretierbar und allgemein verständlich dargestellt werden. Die Wahrnehmung von Sachinhalten im Kontext mit vertrauten Bildperspektiven ist dabei allgemein verständlich.

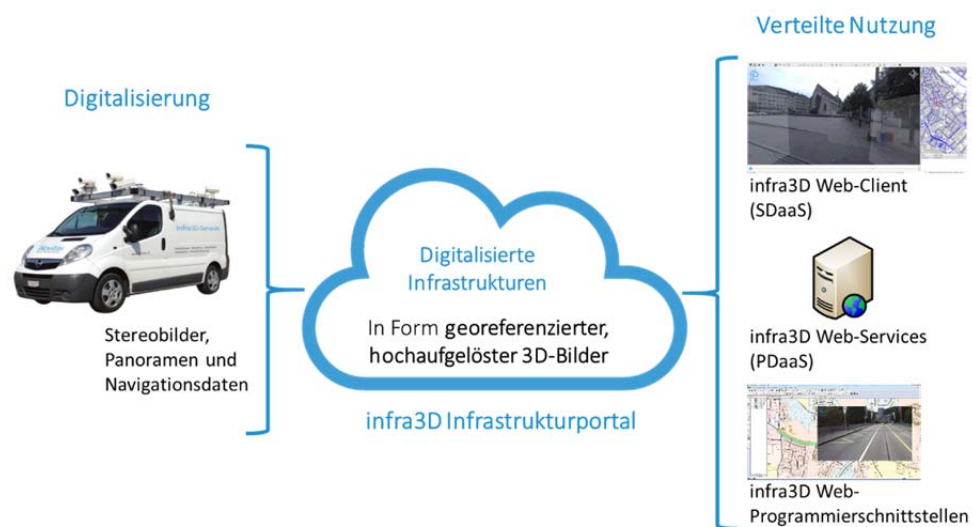
Die Interpretation soll einigermaßen frei von Maßstabseinflüssen sein. Daher ist die Integration von, Überblick im hinteren, weiter entfernten Abbildungsbereich und präzise Detailwiedergabe im Nahbereich, empirisch und klar zuordenbar. So entspricht dem natürlichen Empfinden des näheren Herangehens, um höheren Detaillierungsgrad zu erkennen, dem natürlichen Verhalten zur differenzierten Informationsaufnahme.

### 4. Infra3D Infrastrukturplattform und Services

Die Grundlage der von der Fa. iNovitas AG entwickelten Geschäftsidee, zeigt die erfolgreiche Umsetzung der in den vorangegangenen Abschnitten aufgezeigten Anforderungen und Zielrichtungen. Im Zentrum steht die infra3D Cloudplattform, welche Infrastrukturkorridore und -anlagen in Form von verorteten, dreidimensionalen, hochaufgelösten Bilddaten über das Web Anwenderinnen und Anwendern digitalisiert - jederzeit und ortsunabhängig zur Verfügung stellt. Infra3D lässt sich zudem sehr einfach mit bestehenden

Informationssystemen und deren Grundfunktionen koppeln und Arbeitsprozesse können vereinfacht und flexibilisiert werden. Das hochauflösende dreidimensionale digitale Abbild bringt die Infrastruktur direkt an jeden Arbeitsplatz und ermöglicht damit verschiedenste Auswertungen nach Bedarf und geforderter Detaillierung. Eine in der Cloud digitalisiert vorgehaltene Infrastruktur ermöglicht insbesondere die Parallelisierung und Flexibilisierung von Datenerfassungsprojekten sowie eine homogene austauschbare Datenbasis. Diese Eigenschaften sind entscheidend, um notwendige Prozesse rund um den Bau, den Betrieb und die Sanierung von Infrastrukturen künftig kostengünstig, effizient und mit hoher Qualität zu ermöglichen. Die Anforderungen an die dabei zu nutzende Plattform, bleiben im einfachsten Fall auf Internetzugang, bzw. Nutzung eines Web Browsers beschränkt. Aus Sicht der breiten Anwendungs- und künftigen Einsatzmöglichkeiten kann daher bei diesem System als Grundlage für die Handhabung von Prozessen im Sinne einer „Infrastruktur 4.0“ gesprochen werden.

Folgende Darstellung zeigt konzeptionell die infra3D Systemarchitektur. In den beiden nachfolgenden Kapiteln wird auf die Digitalisierung von Infrastrukturen - sowie auf die verteilte Nutzung der digitalisierten Infrastruktur im Detail eingegangen.



**Abb. 1:** Systemarchitektur Digitalisierung von Infrastrukturen und deren verteilte Nutzung

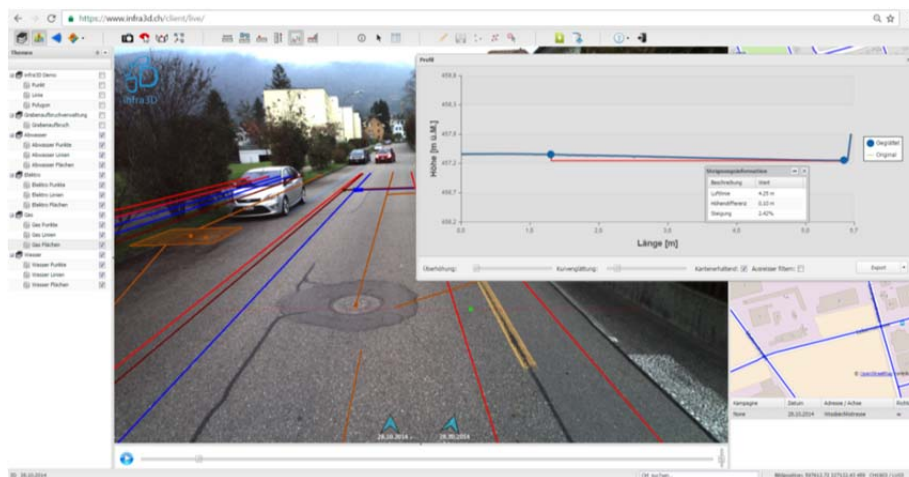
### Infrastruktur - Digitalisierung

Die Erfassung der Bildinformation erfolgt mittels ausgereiftem Sensorkonzept, das den jeweiligen Projektanforderungen angepasst werden kann. Die Grundkomponenten bilden dabei hochauflösende Kamerasysteme in Stereoanordnung. Die Verortung erfolgt im Standard mittels GNSS und INS nach dem Verfahren der direkten Sensororientierung. Die aufgezeichneten Roh-Stereobild- und Navigationsdaten werden im Anschluss mit Hilfe eines dichten Bildzuordnungsverfahrens (Dense Image Matching) zu dreidimensionalen Bildern verarbeitet, welche mit Hilfe der Navigationsdaten verortet und in eine riesige räumliche 3D-Bilddatenbank eingepflegt werden. Die Georeferenzierung der 3D-Bilder kann nach Bedarf und

Anforderung zusätzlich mit Hilfe von im Projektperimeter zur Verfügung stehenden Passpunkten auf ein gewünschtes Toleranzniveau eingepasst werden. Die durch dieses Verfahren bearbeiteten Rohdaten ermöglichen Messgenauigkeiten von 1cm relative und 1-2cm absolute auf der digitalisierten Infrastruktur. Ausführlich wird der Aufbereitungsprozess in NEBIKER & EUGSTER (2013) beschrieben sowie erreichbare Messgenauigkeiten in BURKHARD et. al. (2012) und KAMER et. al. (2013) behandelt.

### Verteilte webbasierte Nutzung

Das aufbereitete digitale Abbild wird auf der Cloudbasierten infra3D Infrastrukturplattform vorgehalten und als infra3D Web-Service Anwenderinnen und Anwendern bereitgestellt. Die Client-Cloud Architektur bietet einige entscheidende Vorteile wie Skalierbarkeit hinsichtlich der Datenmenge und der Anzahl Nutzenden, Verteilbarkeit der Daten (Infrastrukturbetreiber intern und extern) oder Funktionsfähigkeit des Service ohne lokale IT-Ressourcen. Auf die digitalisierte Infrastruktur lässt sich über einen einfachen Web-Client zugreifen und es können beliebige Auswertungen von einfachen Feldinspektionen bis hin zu komplexen Kartierungsarbeiten durchgeführt werden. Die Nutzung ist einfach und richtet sich jederzeit an die Bedürfnisse der jeweiligen Anwendung. Entscheidend ist, dass, dank der realitätsnahen digitalen Repräsentation und der einfachen Handhabung, Messungen und Auswertungen direkt von den jeweiligen am Prozess beteiligten Mitarbeitenden ausgeführt werden können.



**Abb. 2:** Einfache Nutzung des digitalen Infrastrukturkorridors über das Web

Die infra3D Infrastrukturplattform bietet eine Fülle verschiedener Basisfunktionen, welche das Arbeiten und die Umsetzung verschiedener Arbeitsprozesse auf Basis der digitalisierten Infrastruktur ermöglichen. Präzise Messaufgaben oder komplexe Kartierungsprojekte können mit den bereitgestellten Funktionen direkt über den Web-Client umgesetzt werden. Bestehende Daten aus Informationssystemen oder bestehender Geodateninfrastrukturen (GDI) können lagekorrekt überblendet und im Kontext der Bilder genutzt werden. Damit können Projekte realitätsnahe visualisiert, bestehende Datenkataloge validiert bzw. nachgeführt werden oder Resultate aus Analysen dank der realen Bilder einfacher interpretiert werden.

Die Plattform stellt verschiedene Zugriffsmöglichkeiten auf den 3D-Bilddatenbestand zur Verfügung. So kann das digitale Abbild über die gegebene Netztopologie (Straßen- oder Schienennetz) genutzt werden - oder es können für ein verortetes Objekt automatisiert sämtliche Bilder evaluiert werden, welche dieses Objekt zeigen. Gerade der räumliche Zugriff ist für die Umsetzung einer bildbasierten Dokumentation und deren Nachführung von Infrastruktur-Assets in bestehenden Informationssystemen sehr hilfreich.

Die Infrastrukturplattform bietet zusätzlich zur räumlichen, auch eine zeitliche Verwaltung des digitalen Abbildes, was bspw. die Historisierung verschiedener Zeitstände einer Infrastruktur während des gesamten Lebenszyklus erlaubt. Darauf aufbauend sind Veränderungsanalysen oder auch Nachführungsprozesse bestehender abgeleiteter Datensätze effizient umsetzbar. Ebenfalls können Anwenderinnen und Anwender ihre Infrastruktur mit eigenen Bildern dokumentieren bzw. digitalisieren, welche über eine Schnittstelle automatisiert in die bestehende 3D-Bilddatenbasis aufgenommen und über die Plattform für die Nutzung bereitgestellt werden können. Damit können sehr einfach einzelne Objektdetails oder Schadensbilder räumlich und zeitlich dokumentiert und weiterverarbeitet werden. Damit das bildbasierte digitale Abbild möglichst mit verschiedenen Dritt-Informationssystemen genutzt werden kann, werden verschiedene räumliche kartesische und lineare Bezugssysteme unterstützt. Damit können in verschiedenen räumlichen Bezugssystemen verortete Daten mit den Bilddaten flexibel genutzt werden.

Wie bereits erwähnt und in folgender Abb. 3 dargestellt, lässt sich infra3D in bestehende Informationssysteme integrieren oder kann mit existierenden Geodateninfrastrukturen gekoppelt werden. Damit wird die digitalisierte vorliegende Infrastruktur direkt mit der jeweiligen Informationssystemlösung verknüpft, über welche heute Prozesse im Rahmen der Projektierung, der Planung, dem Unterhalt sowie dem Betrieb organisiert sind. Nachfolgend sind verschiedene realisierbare Kopplungs- bzw. Integrationskonzepte eingeführt.

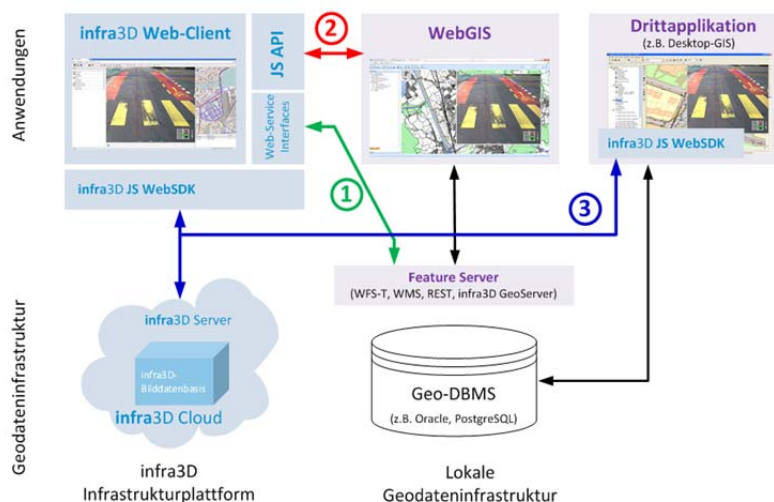


Abb. 3: Anbindung infra3D an bestehende Informationssysteme oder Systemlösungen

Der infra3D Web-Client unterstützt Schnittstellen (1) um auf Geodatenbestände einer bestehenden Geodateninfrastruktur über verschiedene Web-Feature Services zuzugreifen.

Damit können Geoobjekte lagekorrekt in den Bilddaten überblendet oder auch Daten neu erfasst bzw. editiert werden. Damit erlauben diese Schnittstellen Infrastrukturbetreibern die direkte Bewirtschaftung, Erfassung und Nachführung ihrer Inventare und Kataster auf Basis der digitalisierten Infrastruktur in einem Arbeitsschritt. Über die Web-Client API (2) kann einfach mit dem infra3D Web-Client aus einer Drittapplikation interagiert werden.

Entsprechend kann über wenige Methoden der Bilddatendienst gesteuert, zu Objekten oder einer Position gesprungen sowie die aktuelle Aufnahme- und -ausrichtung des aktuell dargestellten 3D-Bildes in der Drittapplikation genutzt werden. Sehr einfach lässt sich damit der Web-Client bzw. einzelne GUI-Komponenten davon in ein bestehendes Web-GIS integrieren. Vielfach wird das bestehende Kartenfenster des Web-GIS für die Navigation verwendet und lediglich die Messfunktionen und das Bildanzeige-Fenster des Web-Clients zusätzlich integriert. Im Weiteren beinhaltet die infra3D WebSDK (SDK – Software Development Kit) eine Programmierbibliothek (3) welche den Zugriff und die Funktionalität des infra3D Services abstrahiert. Entsprechend lässt sich damit nach Belieben infra3D-Funktionalität in eine eigene Applikationslogik einer Drittapplikation integrieren. Über diese Methodik können auf Basis der infra3D Infrastrukturplattform eigene Applikationen entworfen und umgesetzt werden.

## 5. Anwendungen und Projekte

Die Cloudbasierte infra3D Infrastrukturplattform kann für die hochaufgelöste digitale Abbildung verschiedener Infrastrukturen eingesetzt werden. Heute werden Städtische- und Überlandstraßennetze, Autobahnen, Schienennetze, Tunnels oder Flussufer mit Hilfe dieser Technologie digitalisiert und über infra3D für den täglichen Gebrauch verteilt zur Verfügung gestellt. Nachfolgend sind einige unterschiedliche Anwendungsfälle illustriert:

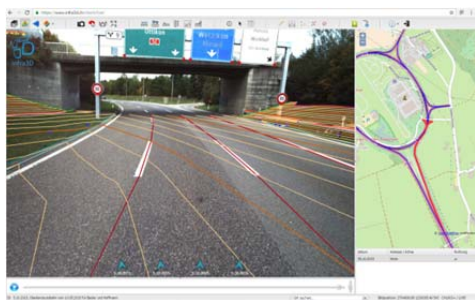


Abb. 4: Ausgewertete Vermessungstechnische Plangrundlagen für die Projektierung auf Autobahnen (infra3DRoad Service des Bundesamtes für Straßen ASTRA - CH)

Hochleistungsstraßen wie Autobahnen oder Schnellstraßen können heute Aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens und der Anforderungen an die Arbeitssicherheit für konventionelle Datenerfassungs- und Inventarisierungsprojekte kaum noch gesperrt und begangen werden. Der digitalisierte Straßenkorridor bildet die ideale Datenbasis für diverse Auswertungen (EUGSTER et al. 2013) nach Bedarf, wie Ermittlung von Vermessungstechnischen Grundlagedaten für die Projektierung, Inventarisierung verschiedener Möblierungskategorien (Signale, Schächte, Sicherheitsausrüstung usw.), virtuelle Feldbegehungen oder der Beurteilung des Straßenzustands.



Im Rahmen von Unterhalts-, Sanierungs- und Planungsprozessen oder von Netzzustandsbeurteilungen steigen die Bedürfnisse moderner Bahninfrastrukturbetreiber nach einer aktuellen und einfach zugänglichen Datengrundlage. Der hochaufgelöste Bildbasierte digitale Bahnkorridor ermöglicht unter anderem effiziente Analysen des Lichtraums, die einfache Bestimmung der Fahrdrachtlage, Inventarisierungen von technischen Objekten, Auswertung von Bestandsplänen oder die einfachere Interpretation von Gleisdiagnostikdaten.

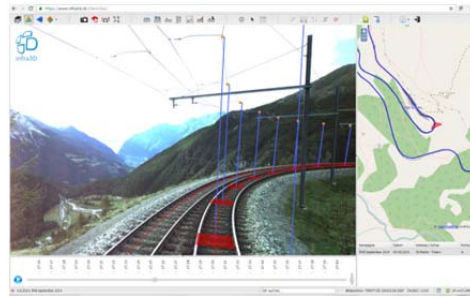


Abb. 5: Ausgewertete Fahrdrachtlage bezogen auf die Ist-Achse (infra3DRail Service der Rhätischen Bahn - CH)



Abb. 6: Ausgewertete Straßenbestandsdaten über die Südhalfte der Stadt Berlin (infra3DCity Service der Stadt Berlin - D)

Jederzeit vor Ort und informiert, ein breites Anwendungsspektrum bietet der digital verfügbare hochaufgelöste städtische Straßenraum. Dieser ist tägliche Informationsquelle für Einsatzleitungen und Blaulichtorganisationen, ideale Datengrundlage für Projektvisualisierungen im Bereich Straßenraumgestaltung, Grundlage für die Erfassung und Nachführung von detaillierten Stadtmöblierungsinventaren, Durchführung von visuellen Straßenzustandsbeurteilungen oder intuitiver Zugang um bestehende Geodaten (bspw. Leitungskataster) im Kontext des realen Straßenraums zu nutzen.

Komplexe Auswerte- und Engineeringprojekte im Rahmen von Straßen-, Flussufer-, Tunnel- oder Stollenprojekten erfordern meist hohe Investitionen in die geometrische Datenerfassung. Der digitalisierte Infrastrukturkorridor bietet die flexible Basis um den Detaillierungsgrad der Auswertungen an die Bedürfnisse der Fragestellung laufend anzupassen. Profilauswertungen, detaillierte Höhenmodelle oder Lichtraumanalysen lassen sich einfach auf verschiedenste Fragestellungen adaptieren. Mit Hilfe von zusätzlichen adäquaten Passpunkten kann auch die absolute Kartierungsgenauigkeit an die Projektvorgaben angepasst werden.

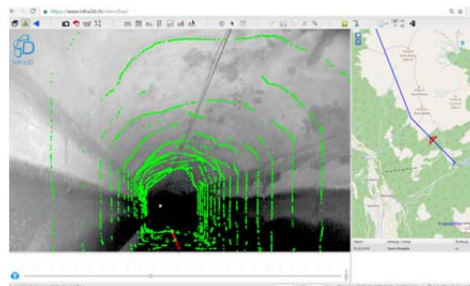


Abb. 7: Automatisch extrahierte Profile für die Optimierung von Reibungsverlusten bei Pumpspeicher-Kraftwerksstollen (infra3D-Engineering Service OFIMA - CH)

## 6. Ausblick

Das Konzept von infra3D wurde bisher für Kommunen, für Städte und für Verkehrs-Infrastrukturanwender aus dem Bereich Straße und Schiene umgesetzt. Bisher wurden Europaweit über 100 infra3D Services für Städte, Gemeinden, Straßeninfrastrukturbetreiber, Eisenbahnen oder Ingenieurbüros aufgebaut und bestätigen damit die Praxistauglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Innovationskraft des Konzeptes.

Die Integration von Daten aus zusätzlichen Sensorquellen und Perspektiven wird zunehmend nachgefragt und auch umgesetzt. Dazu zählt etwa die Einbindung und Aufbereitung von Luftbildern oder UAV-Aufnahmen. Diese Daten ergänzen die zentralen, durch Sens3D-Sensorik erfassten Inhalte, im weiter außenliegenden Bereich oder für flächenhafte Infrastrukturen.

Für die die nahe Zukunft ist die Ausweitung des Anwendungsspektrums auf weitere Infrastrukturtypen dankbar. Die dabei eingesetzte Sensorik muss dabei an die speziellen Rahmenbedingungen angepasst werden sowie müssen zusätzliche Funktionalitäten und Navigationsformen entwickelt und integriert werden.

## Literatur

- BURKHARD, J., CAVEGN, S., BARMETTLER, A. UND NEBIKER, S. (2012): Stereovision mobile mapping: system design and performance evaluation. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXIX-B5, 453-458.
- EUGSTER, H., GOTTMANN, F., KÄSER, C., NEBIKER, S. UND KOCH, R. (2013): 3DRoadTV-Service – Georeferenzierter 3D-Bilddatendienst für die Infrastrukturpflege und -verwaltung. In E. Seyfert, ed. 33. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF – Dreiländertagung DGPF, OVG, SGPF. pp. 344–353.
- HABERLER – WEBER, M., STANEK, H., BRIMMER, F., (2013): Automatisierung und Optimierung von Sensortechnologien zur dynamischen Erfassung von Infrastrukturobjekten. In K. Hanke & T. Weinold, eds. 17. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2013. Obergurgl, Tirol
- KAMER, K., EUGSTER, H. UND NEBIKER, S. (2013): Integrierte Georeferenzierung von luft- und bodengestützten Stereobilddaten im Strassenbereich - Strategien und Ergebnisse. Geomatik Schweiz 2013/9, S. 496-501. [Download]
- LACKES R., SIEPERMANN R.(2015): Industrie 4.0 – Die Produktion der Zukunft Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Web 2.0, online im Internet: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/80667/web-2-0-v9.html> (08.11.2016).
- NEBIKER, S. UND EUGSTER, H. (2013): 3DCityTV - Cloud-basierte Stereovision Mobile Mapping Services. In K. Hanke & T. Weinold, eds. 17. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2013. Obergurgl, Ötztal: Wichmann, pp. 144–153.

- RAMSAUER CH. (2013): Springer Gabler Verlag (Herausgeber), WingBusines 3/ 2013  
[http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/7521\\_0\\_DieProduktionderZukunft\\_ChristianRamsauer.pdf](http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/7521_0_DieProduktionderZukunft_ChristianRamsauer.pdf) (15.11.2016).
- SENDLER U. (2013): Industrie 4.0 – Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM(Systems Lifecycle Management)  
[https://www.researchgate.net/publication/278702014\\_Industrie\\_40\\_Beherrschung\\_der\\_industriellen\\_Komplexitat\\_mit\\_SysLM\\_Systems\\_Lifecycle\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/278702014_Industrie_40_Beherrschung_der_industriellen_Komplexitat_mit_SysLM_Systems_Lifecycle_Management) (12.10.2016).
- SPÄTH D. (HRSG) et.al. (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0  
Fraunhofer – Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation IAO  
Fraunhofer Verlag ISBN 978-3-8396-0570-7
- STANEK, H. (2013): MOBILITÄT 2030 – Visionen vom Innovativem Autofahren. Enquete „Mobilität 2030“ Stadt Wien am 28.02.2013  
(<http://www.stancon.at/apfi/de/vortraege.html#new>). (18.11.2016).
- STANEK, H. (2007): LASERSCANNING – Integration einer Technologie aus Geodätischer und Wirtschaftlicher Sicht. INTERGEO 2007; 25. – 27. 09.2007, Leipzig,
- STANEK, H. (2004): Terrestrial Laser - Scanning (TLS) - Universal Method or a Specialist's Tool? INGEO (FIG) 2004, 11. – 13. 11. 2004, Bratislava, Slovakia.