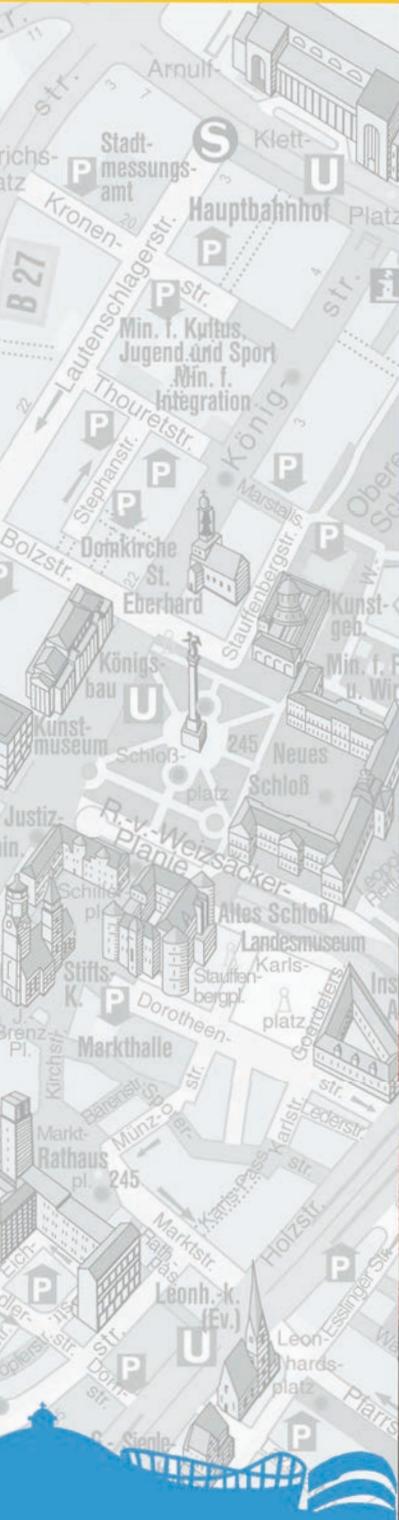


Landeshauptstadt Stuttgart Stadtmessungsamt

Die digitale Stadt Stuttgart3D



STUTTGART



Inhaltsverzeichnis

Einführung	Seite 2
Grundlagen Stuttgart3D	
Basisinhalte	Seite 4
Technik	Seite 6
Fortführung	Seite 8
3D-Modellierung von Bauwerken im Rosenstein-Quartier	Seite 10
Terrestrisches 3D-Laserscanning	
Stadtbahnhaltestelle „Schlossplatz“	Seite 14
Vielfältige Anwendungen und Aufgaben	Seite 16
3D-Druck – Aus digital wird haptisch	Seite 18
Anwendungsbeispiele Stuttgart3D	
Stadtplanung	Seite 20
Architekturwettbewerb	Seite 21
Sachdaten	Seite 22
„Stuttgart Lauf“	Seite 23
Solarpotenzialflächen	Seite 24
Verschattung	Seite 25
Lärmdarstellung	Seite 26
Kaltluftströme	Seite 27
Konstruktion Stuttgart3D – Modellbeispiele	Seite 28
Weiterführende Hinweise/Impressum	Seite 32

Einführung

Das Stadtmessungsamt Stuttgart hat als Innovationsträger in der Landeshauptstadt Stuttgart bereits 2002 ein 3D-Stadtmodell eingeführt.

Schon früh wurden die Chancen erkannt, die eine möglichst realistische Abbildung der realen Welt in virtueller Form im Computer bieten. In dieser virtuellen Umgebung zu planen, zu gestalten und zu hinterfragen eröffnet Möglichkeiten, die bislang nur wenigen Spezialisten vorbehalten waren.

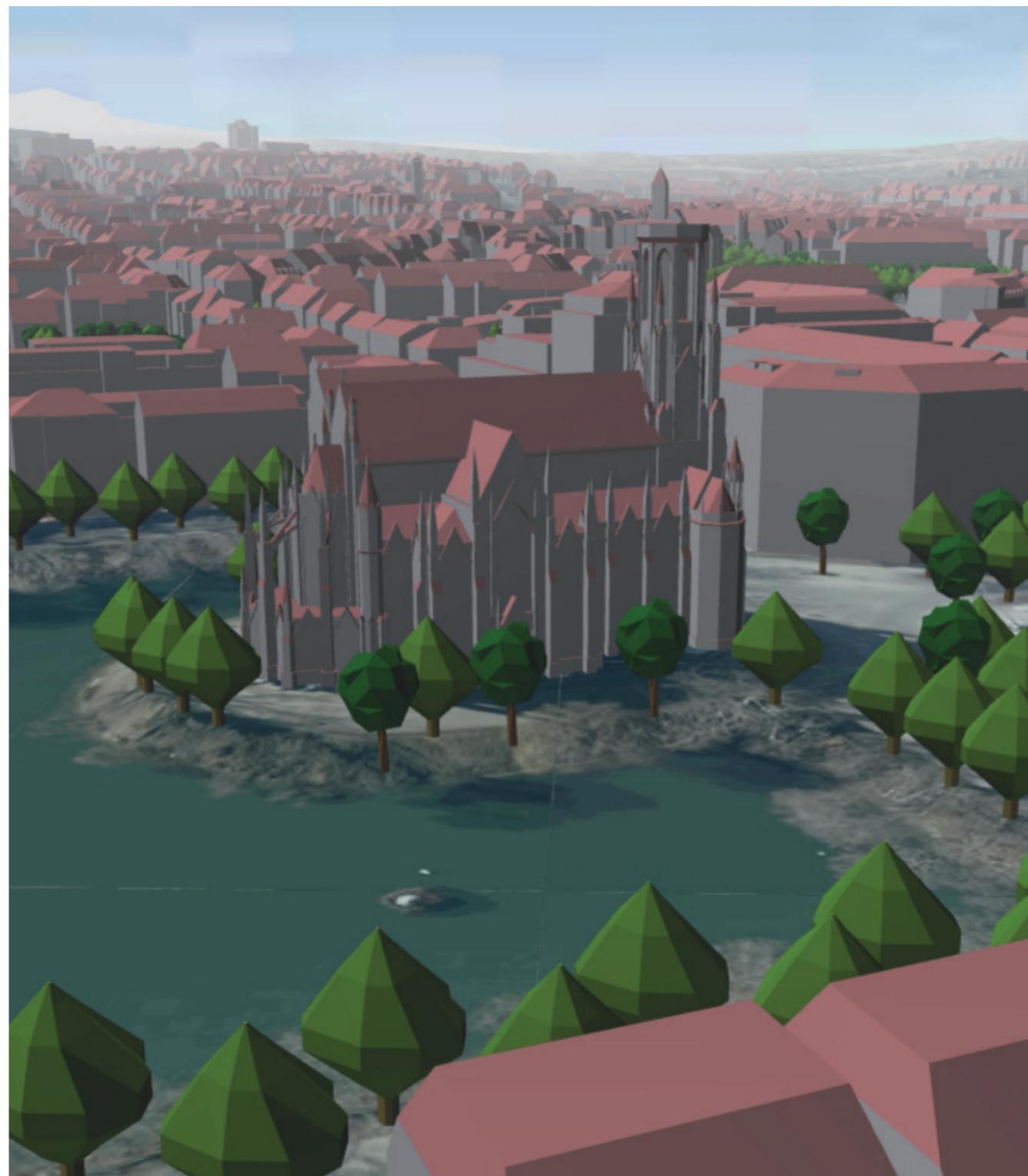
Besonders im kleinmaßstäblichen Architekturbereich, in der Darstellung des städtebaulichen Bestandes oder der städtebaulichen Entwicklung hat sich das Thema 3D-Stadtmodelle etabliert. Bei der Durchführung einer baulichen Veränderung kommen multifunktionale Gebäudemodelle in den Anwendungsfeldern Sicherheit, Klima, Infrastruktur, städtebauliche Gesamtsicht bis hin zum

Marketing als Grundlage für Entscheidungen täglich zum Tragen. Vom einfachsten „Klötzchenmodell“ bis zur realitätsgetreuen Ausmodellierung eines Gebäudes ist heute, technisch gesehen, alles möglich. Für den Anwender ist es ohne vertiefte Vorkenntnisse möglich, nun in diese zu interpretierende Welt einzutauchen und sich sein eigenes, persönliches Bild von der womöglich zukünftigen neuen Realität zu machen. Aber diese multifunktionalen Modelle bieten noch viel mehr.

Hinter den Fassaden stecken noch viele weitere Informationen (Sachdaten), die dem Fachmann ein riesiges Spektrum an Fachanwendungen öffnet. Schlagworte wie Energieeffizienz, Lärminderung, Solarpotenziale bis hin zu Bewegungsströmen der Hausbewohner können mit den gleichen Daten im Detail untersucht werden.

Somit decken die 3D-Modelle jeden Lebenszyklus eines Bauwerks ab. Von der ersten Idee über die Planung, die Ausführung, den Unterhalt bis hin zum Abbruch. Alle notwendigen Informationen können in solchen Modellen hinterlegt werden.

Was für Bauwerke gilt, kann natürlich auch für andere Objekte wie z.B. Bäume, Straßenschilder, Spielgeräte usw. aufgebaut werden. Somit gibt es nicht nur ein 3D-Gebäudemodell in verschiedenen Detaillierungsstufen, sondern auch ein digitales Geländemodell oder globaler betrachtet, ein digitales 3D-Stadtmodell mit all seinen Bestandteilen der realen Welt.

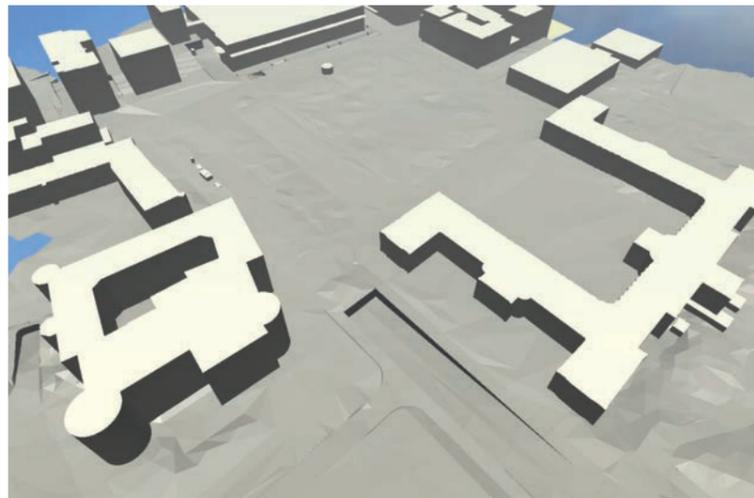


Grundlagen Stuttgart3D - Basisinhalte

Das Stadtmessungsamt der Landeshauptstadt Stuttgart hat für das gesamte Stadtgebiet das dreidimensionale Stadtmodell „Stuttgart3D“ erstellt. Um allen Anforderungen an ein innovatives 3D-Stadtmodell gerecht zu werden, sind in diesem Verfahren vielfältige Inhalte im internationalen Standardschema CityGML 2.0 enthalten.

Digitales Geländemodell (DGM)

In Stuttgart3D wird stadtweit das Digitale Geländemodell (DGM) als TIN (triangulated irregular network) bereitgestellt. Dieses wurde im Jahr 2007 aus Laserscandaten berechnet.



Klötzchenmodell

Alle Gebäude im Stadtgebiet werden in der Detaillierungsstufe LOD1 (Level of Detail 1) dargestellt. Diese Gebäude weisen keine Dachformen aus und werden deshalb auch „Klötzchenmodelle“ genannt. Die LOD1-Fortführung erfolgt aus den in ALKIS+ (Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem erweitert um kommunale Informationen) erzeugten Veränderungen.

Gebäude mit Dachformen

Die im Stuttgart3D enthaltenen Gebäude in der Detaillierungsstufe LOD2 wurden bei der Ersterfassung, d.h. bei der erstmaligen Modellierung, photogrammetrisch aus Luftbildern erzeugt. LOD2-Modelle besitzen ein konstruiertes Dach. Die Informationen zur Fortführung dieses Datenbestandes werden aus den Bauakten entnommen. Besondere Gebäude werden dabei in einer detaillierteren Ausprägung modelliert (siehe Seite 28).



Gebäudestatus

In Stuttgart3D wird für jedes Gebäude dessen Status, d.h. beantragt oder vorhanden, erfasst. Die Gebäude werden entsprechend ihres Status unterschiedlich im Stadtmodell dargestellt (rot = vorhanden, blau = beantragt). Des Weiteren sind für alle Gebäude aus ALKIS+ generierte Sachdaten hinterlegt (z.B. Adresse, Gebäudefunktion, Dachform, Gebäudehöhe).



DGM-Textur

Im 3D-Stadtmodell wird auf dem DGM der Inhalt der Stadtgrundkarte dargestellt, d.h. es wird die eigentlich plane Stadtgrundkarte auf die dreidimensionale Oberfläche des DGM gerechnet und erhält dadurch eine Textur. Dies ist mit sämtlichen georeferenzierten Plänen oder Bildern möglich.

Gebäudetextur

Im Jahr 2013 wurde mit den damaligen Schrägluftbildern ein texturierter LOD2-Bestand generiert. Aus den Schrägluftbildern wurde automatisiert für jede Gebäudefassade ein Bild abgeleitet und auf die entsprechende Gebäudefläche des LOD2-Modells gerechnet.



Grundlagen Stuttgart3D - Technik

Basis des Handelns in der Datenerzeugung beim Stadtmessungsamt der Landeshauptstadt Stuttgart sind internationale Standards. Sei es die standardisierte 3D-Datenhaltung nach dem Schema CityGML 2.0 (www.opengeospatial.org/standards/citygml) oder die Präsentation des 3D-Stadtmodells, das in handelsüblichen Browsern auf unterschiedlichsten Plattformen bereitgestellt wird. Selbst für das Zusammenführen von vielschichtigen digitalen Inhalten für einen 3D-Viewer werden standardisierte Techniken (www.opengeospatial.org/standards/wms, www.opengeospatial.org/standards/wfs) eingesetzt.

Als wesentlicher Bestandteil eines 3D-Stadtmodells werden Gebäude dargestellt. Je nach gewünschter Anwendung bietet hier das Stadtmessungsamt zwei

unterschiedliche Detaillierungsstufen in der Ausprägung der Gebäude an.

Dies ist zum einen das einfache Gebäude in Form eines „Klötzchens“ in der Ausprägung Level of Detail 1 (LOD1). Die Erzeugung dieser Gebäude läuft fast automatisiert ab, da nur die Endkontrolle immer von einem Sachbearbeiter durchgeführt wird und erst danach die Daten in die 3D-Datenhaltung übernommen werden.

Für neue Gebäude wird ein INSERT-Datensatz angelegt, für veränderte Gebäude entsteht ein REPLACE-Datensatz und für abgebrochene Gebäude wird ein DELETE-Datensatz ausgegeben. Auch diese Techniken sind standardisierte Prozesse (Web Feature Service Transactional) in einer Datenbank, also in der 3D-

Datenhaltung. Im Prinzip erfolgen diese Arbeitsschritte auch mit allen anderen Inhalten, die in einem 3D-Stadtmodell zu sehen sind. Die schönen filigranen Gebäudemodelle mit ihren bizarren Dachlandschaften (hier spricht man von LOD2-Modellen) sind natürlich in der Konstruktion bedeutend aufwendiger. Aber die Fortführung in die 3D-Datenhaltung entspricht der zuvor beschriebenen Vorgehensweise. Brücken, Bäume, Brunnen, alles geht den gleichen Weg via INSERT, REPLACE oder DELETE.

Der jedoch nicht minder spannende Teil bei einem 3D-Stadtmodell ist die Präsentation der 3D-Daten. Auch hier hilft wieder die Standardisierung weiter. Im Prinzip müssen alle Informationen, die der Betrachter in seinem 3D-Stadtmodell sehen will, in die Software

der Präsentationskomponente überführt werden. Dies erfolgt über sogenannte Schnittstellen. Die so überspielten Daten werden in speziellen Datenklassen in der Präsentationskomponente gehalten und der Betrachter kann nun „sein“ Stadtmodell, je nach Anforderungsprofil, zusammensstellen.

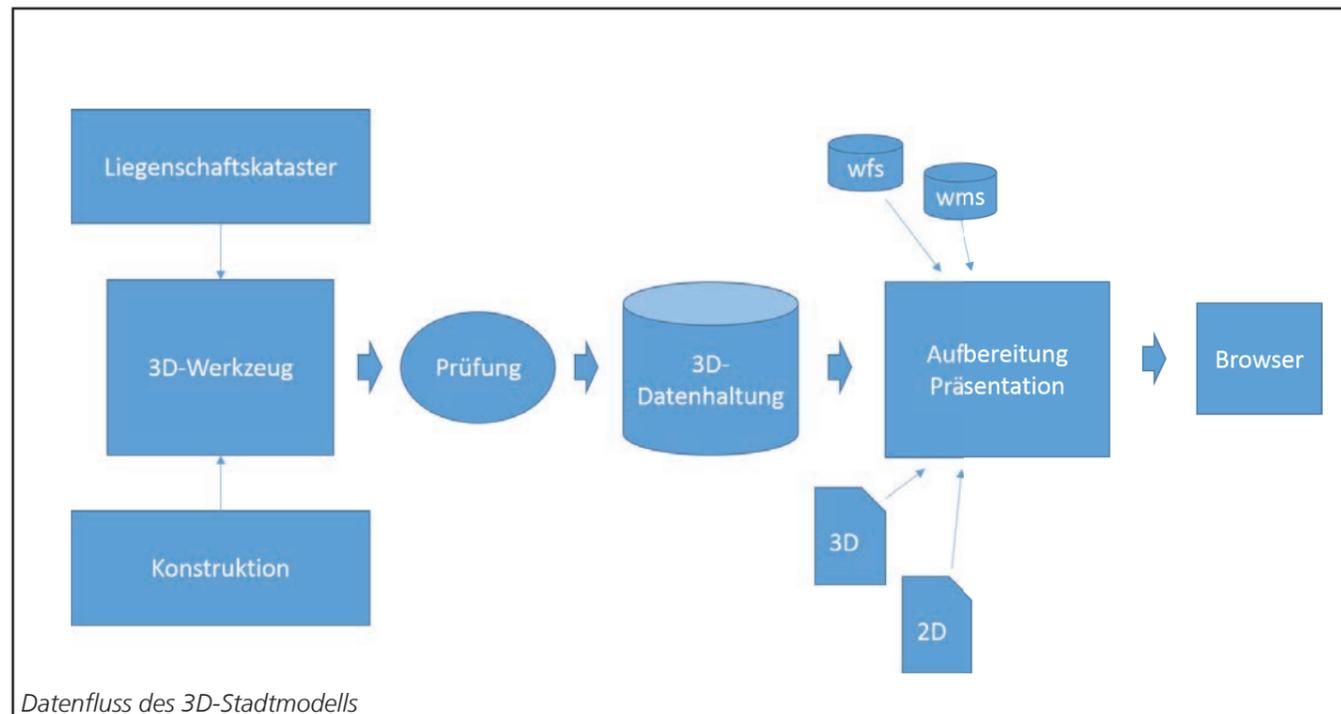
Hierbei spielt es keine Rolle ob die Originaldaten eine Höheninformation oder eine räumliche Ausprägung haben. Im Notfall fallen die Daten über eine Schwerkraftfunktion auf das zwingend notwendige Geländemodell. Oder die Daten werden mit hinterlegten Symbolen verknüpft und bekommen so ihre Geometrie. Wenn alle Vorbereitungen getroffen sind, generiert die Software der Präsentationskomponente einen speziellen Datensatz (www.khronos.org/webgl/), der für die interaktive Präsentation in handelsüblichen Browsern optimiert ist.

org/webgl/), der für die interaktive Präsentation in handelsüblichen Browsern optimiert ist.

In einem Online-Zugriff (www.3d.stuttgart.de) kann sich nun der Betrachter durch das thematisch aufbereitete 3D-Stadtmodell navigieren, Inhalte je nach Menü ein- oder ausschalten, Sachinformationen hinterfragen und das alles ohne eine vorherige Softwareinstallation am eigenen PC, Laptop oder auf dem Smartphone. Das funktioniert alles aber deswegen, weil auch hier wieder Standards in den Browsern der jeweiligen Geräte angesprochen und bedient werden.

So schließt sich der Kreis, angefangen beim Standard des Datenformates, über die Standards der Datenbanken, der

Datenschnittstellen bis hin zu den Standards der Präsentation im Browser des Endgerätes.



Grundlagen Stuttgart3D - Fortführung

Werden Gebäude neu gebaut, baulich verändert oder abgerissen, dann ist dies in der beim Baurechtsamt geführten Bauakte dokumentiert. Alle Bauakten gelangen nach der Schlussabnahme, im Rahmen des Ämterumlaufes, zum Stadtmessungsamt. Die darin enthaltenen Pläne (z.B. Grundrisse, Schnitte und Ansichten) werden dazu verwendet, um aus den relevanten Maßen und Geometrieformen ein detailliertes Gebäudemodell zu erstellen. Als Modellierungsgrundlage wird hierzu der Grundriss des aus ALKIS+ semiautomatisch generierten LOD1-Modells verwendet. Neben den Gebäuden des Liegenschaftskatasters, werden in ALKIS+ zusätzlich Objekte „Kommunales Gebäude“ mit vielen weiteren, für die Stadtverwaltung wichtigen Attributen, geführt. Alle in diesem kommunalen Gebäudebestand

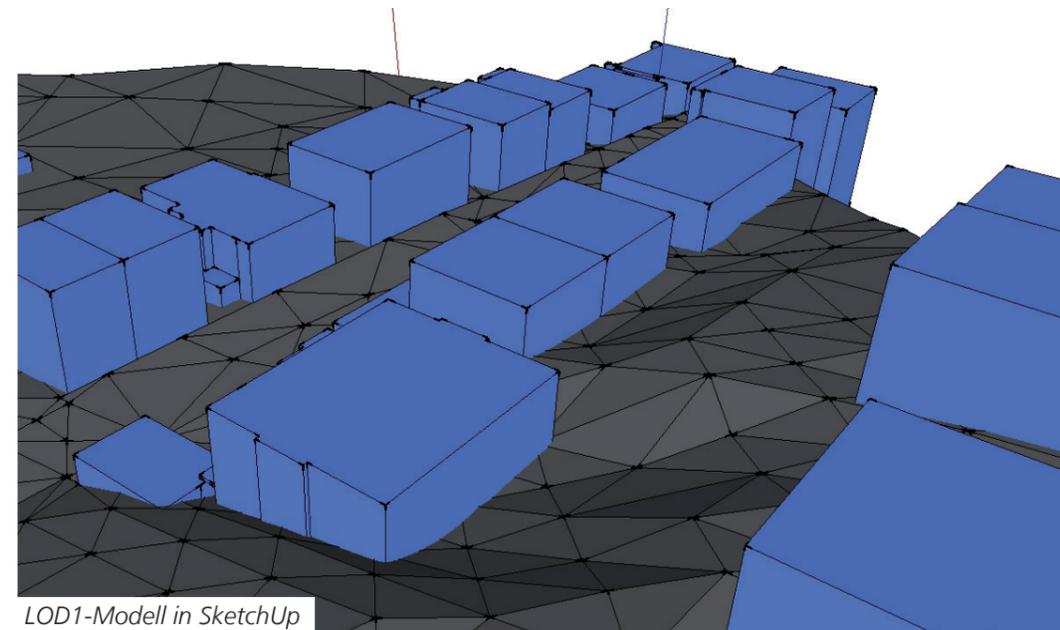
durchgeführten Veränderungen werden wöchentlich über ein NBA-Verfahren (Nutzerbezogene Bestandsdatenaktualisierung) interpretiert bzw. ausgelesen und anschließend durch eine semiautomatische Verarbeitung als 3D-Objekte in der grafischen Ausprägung LOD 1 generiert. Diese Objekte werden anschließend in das 3D-Stadtmodell übernommen.

Das LOD1-Modell wird aus der Datenhaltung extrahiert und in der 3D-Modellierungssoftware SketchUp (<https://www.sketchup.com/de>) weiterbearbeitet. In diesem Programm wird anhand der aus den Bauakten gewonnenen Informationen (z.B. Gebäudehöhe, Dachform), ein LOD2-Modell des Gebäudes konstruiert. Die einzelnen Elemente wie z.B. Wand- und Dachflächen werden gruppiert und

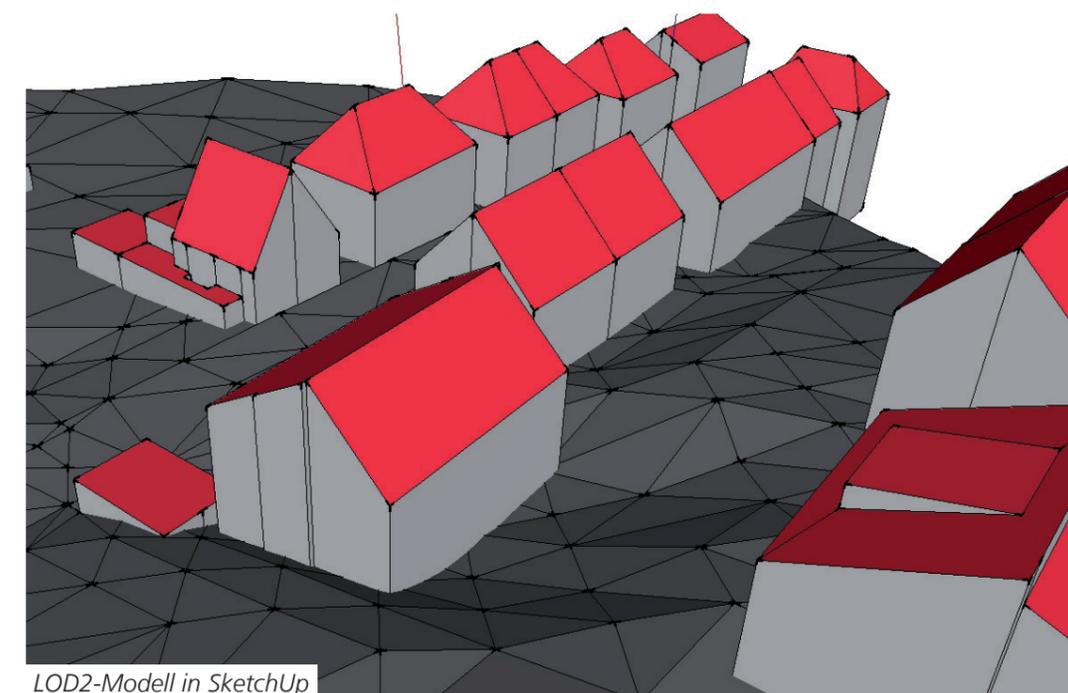
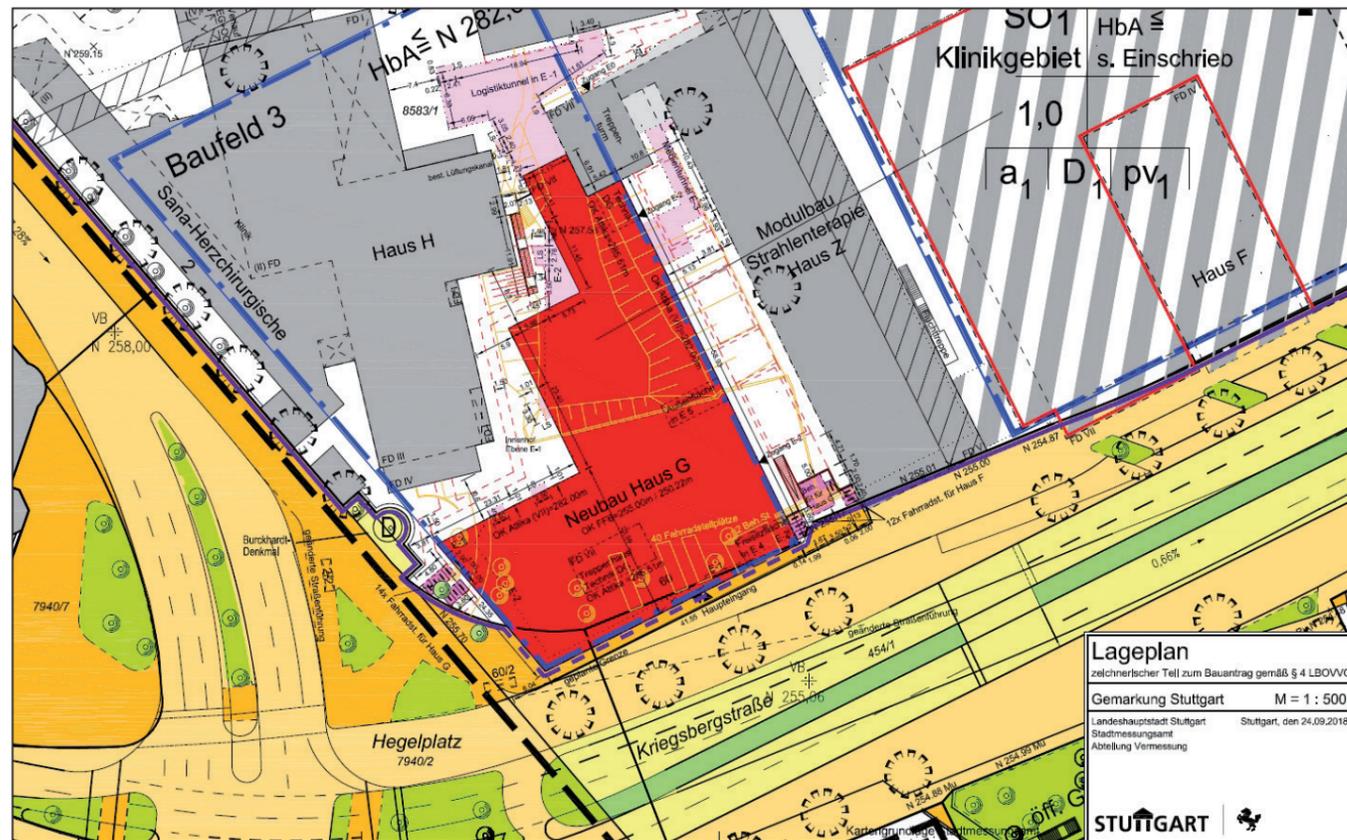
deren Fachbedeutungen, entsprechend den Vorgaben von CityGML 2.0, zugeordnet. Für Dachgauben, Dacheinschnitte, Veränderungen der Geometrie des Daches oder eine Aufstockung stellt derzeit die Bauakte die einzige Informationsquelle dar.

Nach Fertigstellung wird das LOD2-Modell mit dem Programm CityDoctor (<https://www.citydoctor.eu>) auf dessen CityGML-konforme Geometrie hin überprüft und anschließend in der CityGML-Datenhaltung fortgeführt.

Bei der Konstruktion der LOD2-Modelle wird, soweit es aus den Bauakten ersichtlich ist, das DGM angepasst und aktualisiert. Pro Jahr werden durchschnittlich ca. 1.500 in der Geometrie veränderte Gebäude bearbeitet.



LOD1-Modell in SketchUp



LOD2-Modell in SketchUp

3D-Modellierung von Bahnbauwerken im Rosenstein-Quartier

In der Landeshauptstadt Stuttgart werden durch den Bau des neuen Tiefbahnhofs die Flächen der alten Gleisanlagen nicht mehr für den Bahnbetrieb benötigt. Diese wertvollen Flächen in zentraler Lage werden zur städtebaulichen Entwicklung des neuen Stadtteils Rosenstein und zur Erweiterung des Rosensteinsparks genutzt.

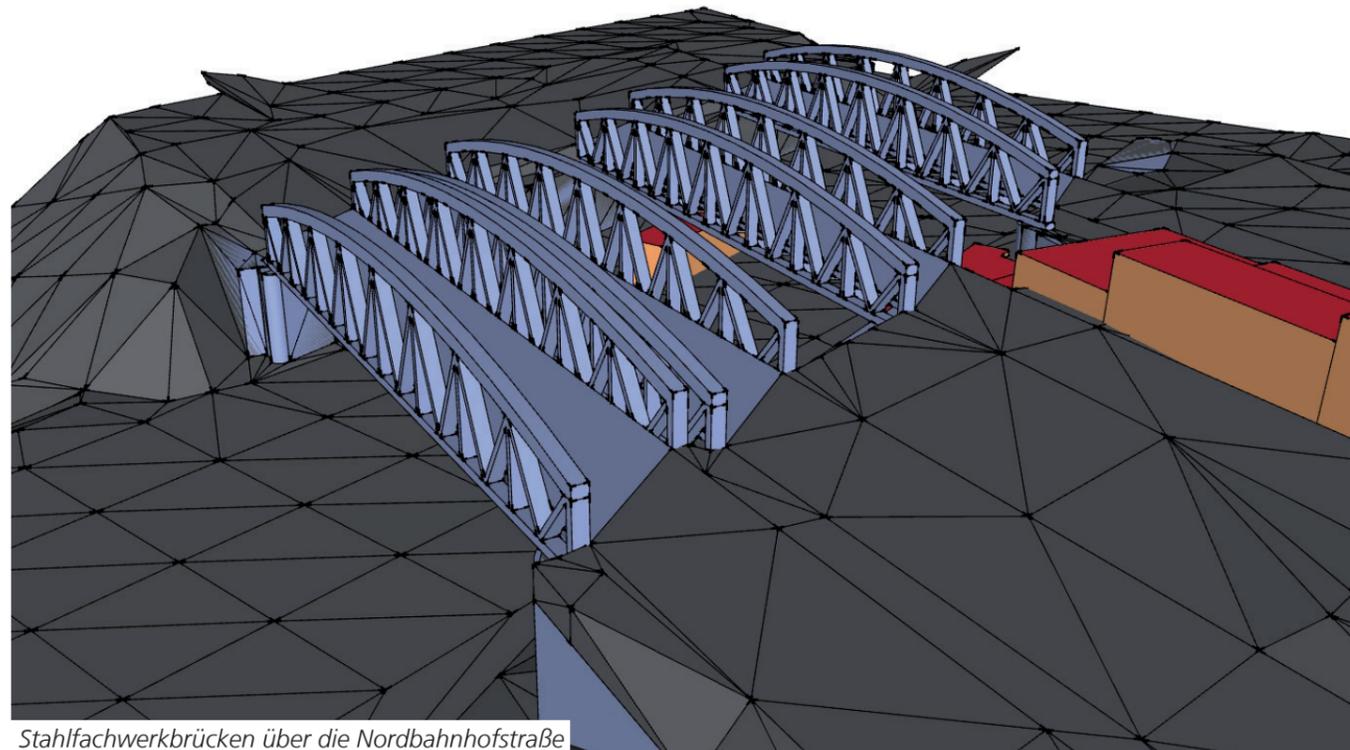
Durch einen „Internationalen offenen städtebaulichen Wettbewerb Rosenstein“ soll eine Vision für das neue Stadtquartier entworfen werden. Im Rahmen dieses Wettbewerbs sind Ideen über eine mögliche Nachnutzung der vorhandenen und zum Teil denkmalgeschützten Bahnbauwerke zu erwarten (z.B. als Wegeverbindungen). Deshalb hat das Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung das Stadtmessungsamt beauftragt, diese Bauwerke für das 3D-Stadtmodell

Stuttgart zu konstruieren. In der Regel werden für das 3D-Stadtmodell lediglich Gebäude konstruiert und Brücken nur rudimentär dargestellt. Deshalb lag die Besonderheit der Aufgabe darin, detailliert Brücken- und Tunnelbauwerke mit ihren Fundamenten zu modellieren.

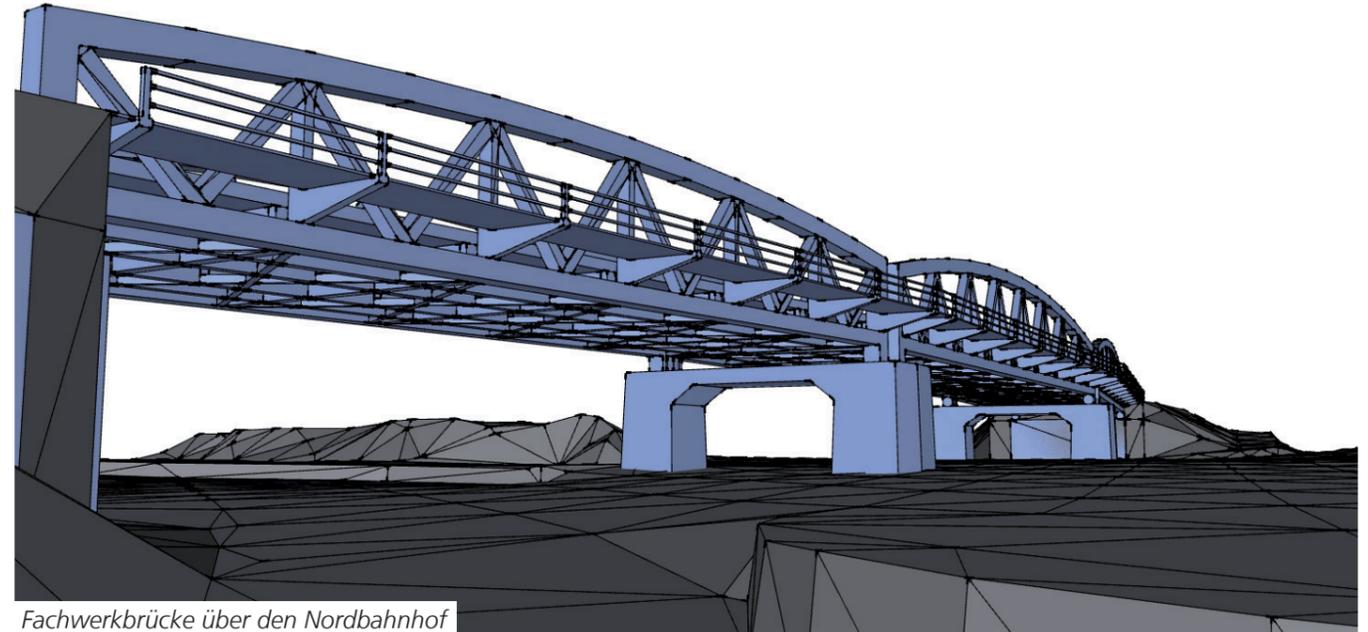
Als Konstruktionsgrundlage wurden dem Stadtmessungsamt vom Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung ca. 1.900 Pläne aus dem Bestand der Deutschen Bahn im PDF-Format zur Verfügung gestellt. Alle Grundrisse, Längs- und Querschnitte mussten zunächst gesichtet und auf Vollständigkeit überprüft werden, bevor mit der 3D-Konstruktion begonnen werden konnte.

Im Bereich des Nordbahnhofs waren Modelle für fünf Stahlfachwerkbrücken zu erstellen. Das Amt für Stadtplanung

und Stadterneuerung hat hier besonderen Wert auf eine detaillierte Ausgestaltung der Bauwerke gelegt und das Stadtmessungsamt beauftragt, alle Stahlträger des Über- und Unterbaus darzustellen.



Stahlfachwerkbrücken über die Nordbahnhofstraße

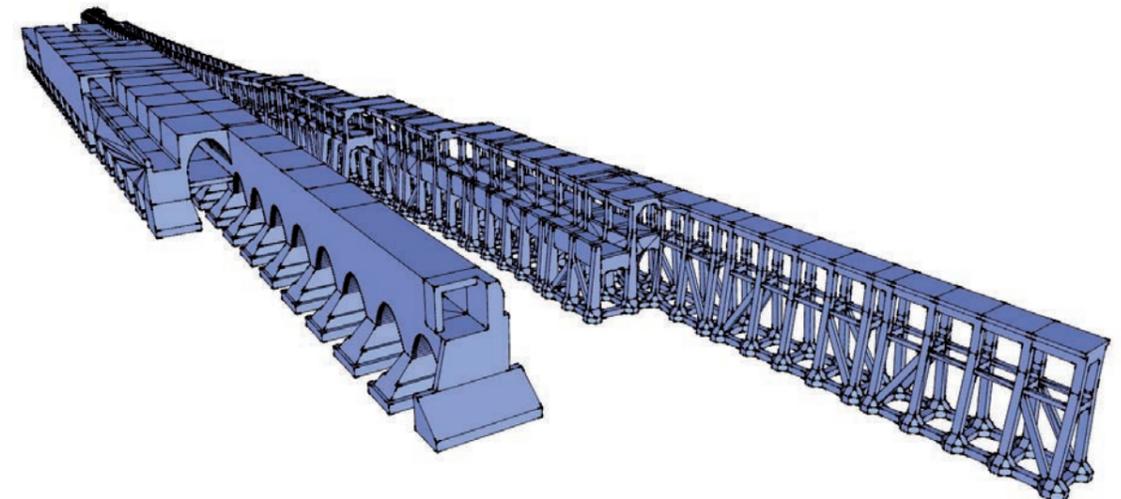


Fachwerkbrücke über den Nordbahnhof

Als besondere Herausforderung stellte sich die Konstruktion des südlichen Überwerks dar. Dieses befindet sich im Gleisvorfeld zwischen der Rosensteinstraße und dem unteren Schlossgarten in Höhe des Ufa-Palastes.

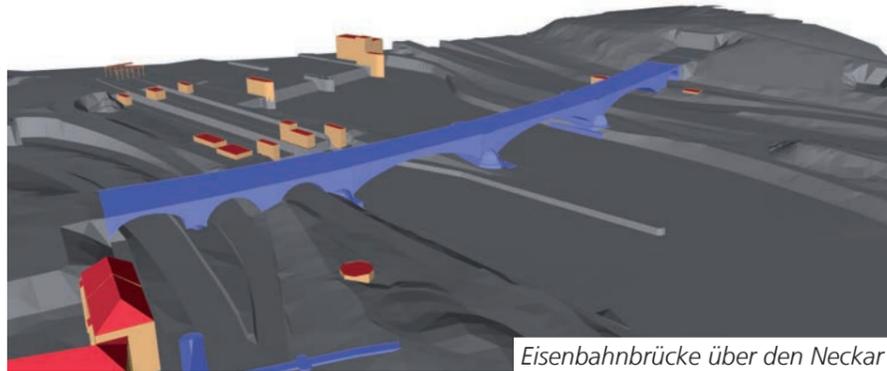
Bei diesem Bauwerk handelt es sich um eine Kombination von Brücken- und Tunnelbauwerken, welche auf einer Länge von ca. 400 m insgesamt 19 Gleisstränge aus drei Richtungen auf zwei Ebenen ohne Weichen kreuzungsfrei in

den Hauptbahnhof führen. Bei der Konstruktion galt es aus über 140 Schnittzeichnungen ca. 140 unterschiedliche Stützen und vier Tunnel zu entwickeln und diese zu einem Gesamtbauwerk zusammenzuführen.

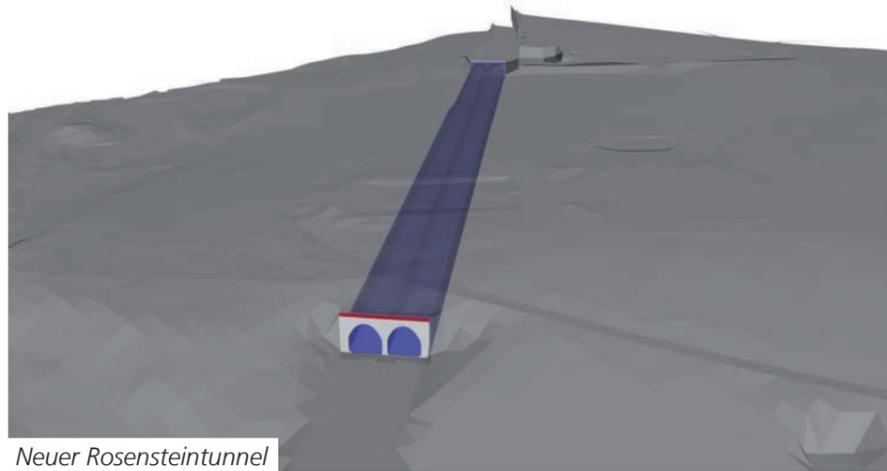


Südliches Überwerksbauwerk

Die Eisenbahnbrücke über den Neckar musste zum Teil aus Wiederaufbauplänen konstruiert werden, da diese im 2. Weltkrieg zerstört worden war.



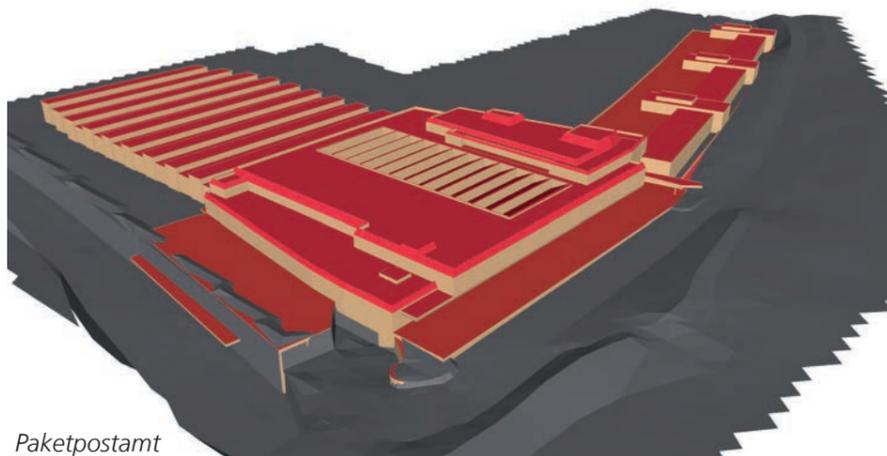
Eisenbahnbrücke über den Neckar



Neuer Rosensteintunnel

Innerhalb der vorgegebenen Zeit wurden 29 Brückenbauwerke, der neue Rosensteintunnel, das Paketpostamt und der Lokschuppen konstruiert und alle Bauwerke im 3D-WebViewer zur Präsentation bereitgestellt.

Mit Erfüllung der Aufgabe konnte das Stadtmessungsamt erneut seine 3D-Kompetenz unter Beweis stellen und die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten des 3D-Stadtmodells in der Stadtverwaltung aufzeigen.



Paketpostamt



Blick vom Mineralbad Leuze Richtung Nordbahnhof



Nordbahnhofstraße

Terrestrisches 3D-Laserscanning - Stadtbahnhaltestelle „Schlossplatz“

Die Türen der U7 nach Möhringen schließen ... letzte kontrollierende Blicke: „Besteht freie Sicht vom Laserscanner zu allen Referenzpunkten“ – „Stimmt die Konfiguration und Ausrichtung des Scanners“ – „Sind Gerät und Referenzpunkte genügend abgesichert“ ... die Bahn setzt sich langsam in Bewegung und die Finger unseres Vermessungsingenieurs zucken nervös über den Startbutton des Scanners. Wir haben maximal 90 Sekunden, bevor auf der gegenüberliegenden Seite die U5 Richtung Killesberg einfahren wird und da ist gutes Timing alles!

Der Finger senkt sich, das Gerät surrt

los, schwenkt sich zur Orientierung einmal um die eigene Achse und beginnt dann mit dem Scanvorgang! Die vorbeieilenden Passanten staunen zwar über die Zielmarken und handballgroßen, magnetischen Passpunktkugeln, welche die Wände, den Bahnsteig, Beschilderungen und Notrufsäulen in der unterirdischen Stadtbahnhaltestelle Schlossplatz schmücken, bekommen aber vom eigentlichen Scanvorgang ansonsten nichts mit, denn der abtastende Laser ist unsichtbar und aufgrund der höchsten Laserschutzklasse für die Verwendung im öffentlichen Raum unbedenklich. Eine Schweißperle rollt über die Stirn unseres Vermessers, denn um ein Haar

hätte ein übermotivierter Schüler mit einer Passpunktkugel Fußball gespielt, hat sich aber eben noch eines Besseren besonnen... Ein Glück! Werden nämlich die Referenzpunkte während des Scanvorgangs in ihrer Lage verändert, können benachbarte Scans später nicht mehr zu einem Gesamtscan verbunden werden.

Horizontal wird der Laser motorisch entlang eines Teilkreises gedreht, vertikal erfolgt die Veränderung bzw. Ablenkung des Lasers über ein Spiegelsystem. Für jede Kombination aus horizontaler und vertikaler Position wird der Laser ausgesendet, von dem zu messenden

wäre eine Messung mit einem anderen Verfahren um ein Vielfaches aufwendiger und während dem normalen Betriebsablaufs undenkbar. Komplizierte geometrische Formen werden sauber erfasst. Hinzu kommt eine lückenlose graphische Dokumentation der Haltestelle, aus der jederzeit weitere geometrische Informationen abgegriffen werden können. Selbst virtuelle Rundgänge am Computer können durch die Haltestelle aus den Daten realisiert werden.

Die Technik hat sich im Laufe der letzten Jahre enorm weiterentwickelt: Schrankartige, schwere und unhandliche Geräte sind heute zu leichten, handlichen und

benutzerfreundlichen Scannern weiterentwickelt worden. Die gewaltigen Datenmengen können mit modernen Rechnern schnell und sinnvoll weiterverarbeitet werden, Auswerteverfahren wurden optimiert, praktischer und ergebnisorientierter.

Die eigentliche Kunst beim Laserscanning besteht vor allem darin, aus der riesigen Menge an registrierten Daten später die eigentlich vom Kunden gewünschten Informationen herauszufiltern und diese in verständlicher Weise weiterzugeben. Genau daran arbeiten die Kollegen vom amtsinternen Laser-scan-Team. Im Frühjahr 2014 hatte sich

die Abteilung „Vermessung“ des Stadt-messungsamtes einen Scanner mit Auswertesoftware gekauft und Vieles ist mittlerweile zur Routine geworden.

Mit einer heißen Tasse Kaffee in der Hand sitzt der Geodät einige Zeit später vor dem eigens für das Laserscanning angeschafften „Expertenarbeitsplatz“ bei der Auswertung der Daten. Für das Scannen der gesamten unteren Ebene der Schlossplatzhaltestelle hat er und sein Kollege den Vormittag benötigt. Den Nachmittag wird er mit der Registrierung der Scans verbringen. Damit ist gemeint, dass die 30 Einzelscans der morgendlichen Messung zu einer einzi-



Objekt teilweise reflektiert und vom Gerät wieder empfangen. Neben der auf einen Millimeter genau detektierten Strecke zwischen Scannermittelpunkt und Objekt wird außerdem das Verhältnis zwischen der Stärke des ausgesandten und wieder empfangenen Laserimpulses gespeichert. Zusammen mit dem horizontalen und vertikalen Winkel kann so für jeden gemessenen Punkt eine 3D-Position relativ zum Laserzentrum berechnet werden. Als die Bahn gegenüber pünktlich ein-

fährt, ist der 10 bis 15 m lange Streifen entlang der beiden Bahnsteige inklusive des Gleisbereiches dazwischen mit all seinen Installationen ins Detail gemessen. Das Zeitfenster hat also gerade so gereicht: Die Messdaten von ca. 27 Millionen Punkten hat das Gerät in den 1,5 Minuten registriert. Mit „Messen ins Detail“ ist gemeint, dass z.B. Fugen im Bodenbelag oder Eckpunkte von Objekten im Sub-Zentimeterbereich in Lage und Höhe koordiniert und aus den Scans abgegriffen werden können.

Ein prüfendender Blick auf die soeben gemessenen Daten, dann wird der Scanner geschultert und ca. 15 m weiter zur Position des nächsten gewünschten Scanstandpunktes getragen. Unser Ingenieur weiß um die vielen Vorteile des Verfahrens: Aufgrund der berührungslosen Messung müssen die Gleise nicht mehr betreten werden, der Bahnverkehr wird nicht behindert und zur Messung der Wand- und Deckengeometrie ist kein Steiger bzw. keine Hebebühne mehr erforderlich. Wirtschaftlich betrachtet



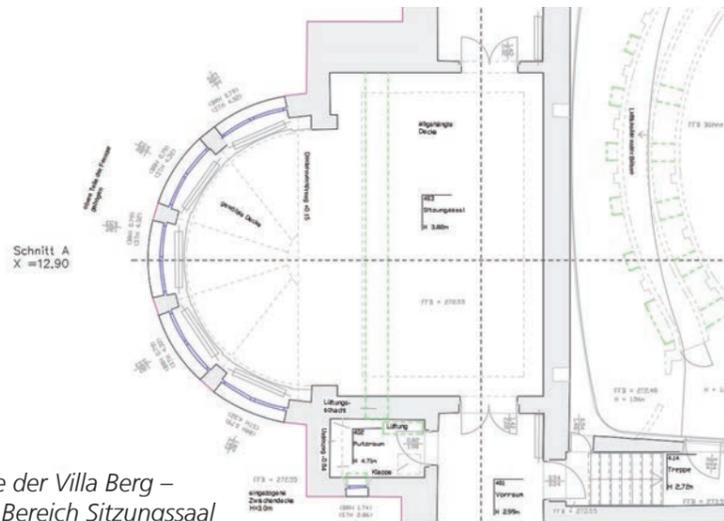
gen Punktwolke zusammengerechnet werden. Alle Punkte aller Scans befinden sich dann in einem einheitlichen Koordinatensystem. Weitere Arbeitsschritte sind das Herausfiltern unnötiger Messdaten wie z.B. den zufällig aufgenommenen Passanten. Dann erfolgt die Transformation der Punktwolke in das Landeskoordinatensystem sowie in das amtliche Höhensystem.

Was und wie in Folge ausgewertet wird, ist abhängig von den Kundenwünschen.

Mit der gemessenen und registrierten Punktwolke können eine große Menge an Auswertungen realisiert werden. Denkbar ist die Herstellung von Lichtraumprofilen in beliebigen Abständen, das Erstellen von klassischen 2D-Bestandsplänen, Neigungsanalysen der Bahnsteige, Analyse des Durchgangs der Oberleitung, detaillierte 3D-Zeichnungen von Teilbereichen oder bei Mehrfachmessung die Feststellung von Veränderungen der Geometrie einzelner Bauteile. Dass die Spanne der möglichen

Anwendungen so breit gefächert ist, macht für unseren Ingenieur den Reiz am Laserscanning aus. Er konvertiert die Punktwolke um und übersendet die Messdaten. Dieses Mal wird die weitere Auswertung beim Auftraggeber gemacht. Jetzt noch nach den Batterien sehen und die Datenkarte prüfen. Für heute ist genug gescannt, aber morgen soll der Scanner wieder bereit stehen für eine weitere, spannende Vermessung.

Terrestrisches 3D-Laserscanning - Vielfältige Anwendungen und Aufgaben



Aufnahme der Villa Berg – Grundriss Bereich Sitzungssaal

Der Laserscanner des Stadtmessungsamtes Stuttgart wird vorwiegend für die Vermessung von Innenräumen eingesetzt. Neben der klassischen Immobilienvermessung bzw. der Nutzung für das städtische Immobilienmanagementsystem werden auch hochgenaue und detaillierte Bauaufnahmen für Planungszwecke mit dem Laserscanner gemessen. Ergebnisse dieser Bauaufnahmen sind Grundrisspläne, Längs- und Querschnitte durch Gebäude sowie Fassadenansichten. Bei Bedarf werden einzelne Bereiche auch als dreidimensionale CAD-Zeichnungen konstruiert.



Laserscanner im Einsatz

Die Planungs- und Bauvermessung bietet ein breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten für den Scanner. Häufigste Anwendung ist die klassische Höhenbestandsaufnahme z.B. von Straßen, Spielplätzen oder Schulhöfen. Aus den Punktwolken können auf einfache Weise Straßenquer- und Längsprofile abgeleitet werden. Ebenso besteht die Möglichkeit Details wie Fahrbahnmarkierungen, Einläufe oder Kanaldeckel abzugreifen.



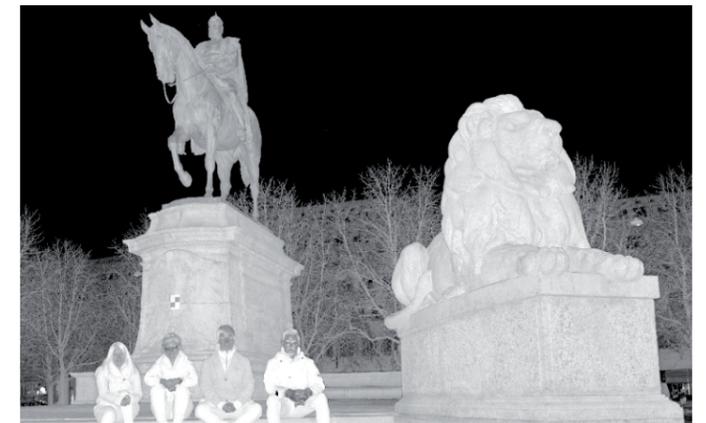
Punktwolke eines Fußgängersteigs

Die Bauaufnahme denkmalgeschützter Gebäude erfordert ein hohes Maß an Detaillierung. Neben der Darstellung von verschiedenen Materialien und Strukturen werden auch Vorsprünge und Risse dargestellt. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und dabei auch noch wirtschaftlich zu arbeiten, ist die Technik des Scannens ein ideales Verfahren.



Fassadenzeichnung eines denkmalgeschützten Bauernhauses

Die Technik ist beim Stadtmessungsamt auch fester Teil der Ausbildung von Vermessungstechnikern und Geomatikern. So findet einmal jährlich eine Projektwoche zum Thema „Laserscanning“ für unsere Auszubildenden statt. In diesem Rahmen werden Theorie und Praxis im Außendienst und Innendienst vermittelt. Zum Ende dieser Woche steht das selbstständige Bearbeiten eines Projektes an. Ergebnisse der diesjährigen Messung und Auswertung waren u.a.: Denkmalfläche, Sockelvolumen, Radien der Treppe sowie der Abstand zwischen Nasenspitze Löwe und Kaiser Wilhelm.



2018 haben unsere Auszubildenden das „Kaiser-Wilhelm-Denkmal“ auf dem Karlsplatz gescannt.



Farbiger Laserscan auf dem Friedhof Rohr

Immer wieder werden spezielle Vermessungsdienstleistungen vom Stadtmessungsamt gefordert. Häufig heißt auch hier die Lösung Laserscannen. Beispiele hierfür sind die Bestimmung des Verlege-Musters von Platten, die Einmessung von Hülsen zur Verankerung der Sitze im Planetarium sowie die Lage-, Höhen- und Volumenbestimmung eines unterirdischen Tanks.



Durch die farbige Darstellung bekommt der Bauherr auf den ersten Blick einen grundlegenden Eindruck über die Qualität des Estricheinbaus.

Bei der Kontrolle von Rohbauten kann man das Laserscanning bei der Bauüberwachung und der Beweissicherung wirtschaftlich einsetzen. Beim Bau der neuen Rathausgarage erfolgte die Kontrolle der Rohfußböden, der Rohdecken sowie der Stützen in den einzelnen Etagen mit dem Laserscanner. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die Technik hervorragend dafür geeignet ist, SOLL-Geometrien mit dem tatsächlichen IST-Zustand zu vergleichen – vor allem dann, wenn es sich um mathematisch schwer greifbare Geometriekörper handelt.

3D-Druck - Aus digital wird haptisch

Ein weiterer positiver Aspekt der 3D-Stadtmodelle ist die einfache Rückführung der digitalen, virtuellen Gebäudemodelle in stabile, greifbare „Plastik“-Modelle mit Hilfe eines 3D-Druckers.

Das digitale 3D-Modell repräsentiert die Oberfläche einer Planung oder eines realen Gebäudes. Dieser grundsätzliche Ansatz der 3D-Modellierung passt wunderbar zum Grundgedanken der 3D-Drucktechnik. Der 3D-Druck erstellt letztendlich die Außenhülle eines Körpers. Das wiederum passt hervor-

gehend mit dem Darstellungsgrad LOD2 überein und führt zu sehr guten, detaillierten Ergebnissen. Je nach gewähltem Druckverfahren wird am Grundriss des Gebäudes beginnend, Schicht um Schicht gedruckt oder einfach gesagt, Material aufgetragen. Im Innenbereich des Gebäudes optimiert das Druckverfahren die Steifigkeit und den Materialverbrauch für das haptische Modell. Das Ergebnis ist ein greifbares Gebäude oder eine Landschaftssituation, die angefasst und in der Hand betrachtet werden kann.

Man unterscheidet bei den Druckverfahren zwei wesentliche Vorgehensweisen. Zum einen das „Plastikschnur“-Verfahren und zum anderen das „Pulver“-Verfahren. Je nach Anwendungsbereich beziehungsweise Anforderung an Stabilität, Feingliedrigkeit oder Farbdetailierung gibt es spezielle Varianten an Druckverfahren.

Generell kann man beim „Plastikschnur“-Verfahren sagen, dass eine feine, heiße Plastikschnur entlang der Konturen des Gebäudes Schicht um Schicht aufgetragen wird, was ein sehr stabiles, durch

farbige Materialien sogar buntes Modell liefert.

Das jedoch stärker genutzte 3D-Druckverfahren ist der PolymerGips-Druck („Pulver“-Verfahren). Hier wird über eine Arbeitsebene eine feine Schicht (Feinheiten bis zu 0,1 mm sind hier möglich) PolymerGips aufgetragen. Anschließend kann diese dünne Schicht auch beliebig eingefärbt werden. Zusätzlich wird exakt der gewünschten Kontur entsprechend ein Bindemittel aufgespritzt.

Dieser Vorgang wiederholt sich Schicht

um Schicht, je nach Höhe des gewünschten Modells. Hiermit lassen sich sehr photorealistische haptische Modelle erstellen.

Leider ist das PolymerGips-Verfahren nicht so stabil, so dass diese Art der Modelle nicht auf den Boden fallen sollten. Je nach gewünschtem Einsatzzweck lassen sich aus den digitalen Modellen wieder greifbare „Plastik“-Modelle via 3D-Drucker machen. Oder die gleichen Daten gehen in eine Fräsmaschine, die die Oberflächen der einzelnen Objekte aus einem Stück Holz oder Gips direkt

herausarbeitet.

Solche Verfahren erlauben die Reproduktion ganzer Städte als dreidimensionale Modellandschaften zur Präsentation ihrer Topographie mit ihren Häusern. Diese Methode lässt aber auch die Integration von Planungen zu, die somit im unmittelbaren Bezug zur Realität stehen und von jedem betrachtet und interpretiert werden können.



Altes Schloss / Landesmuseum



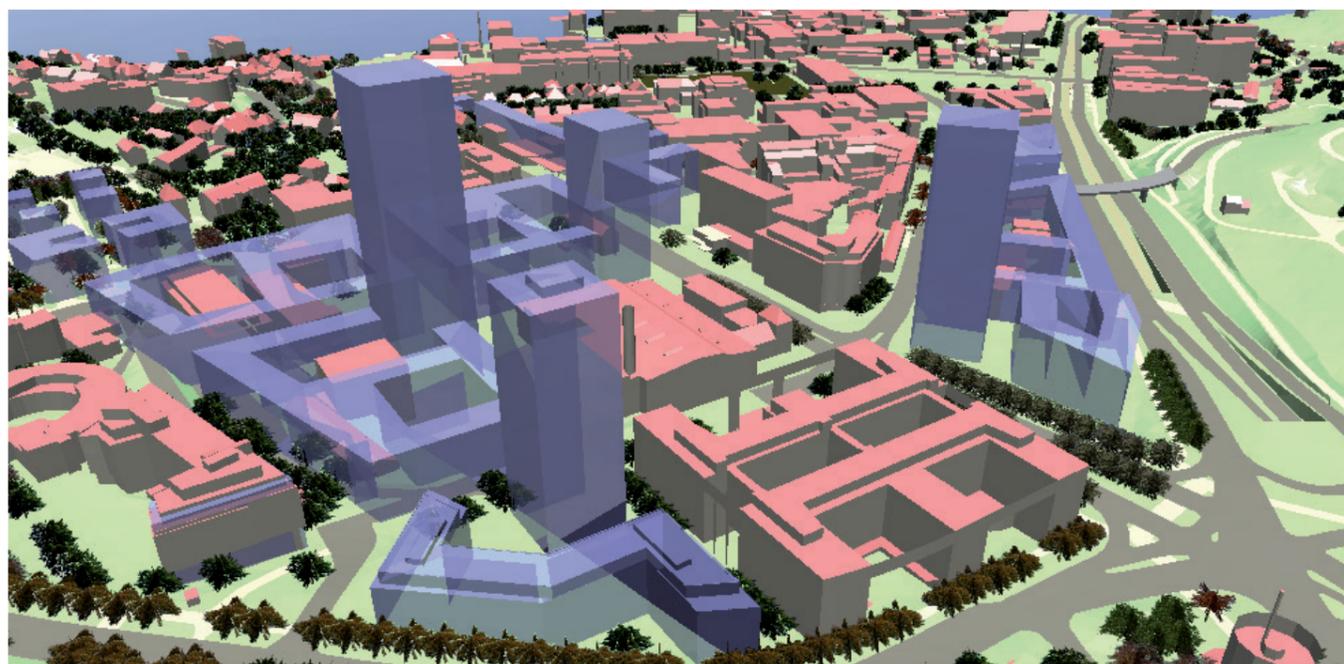
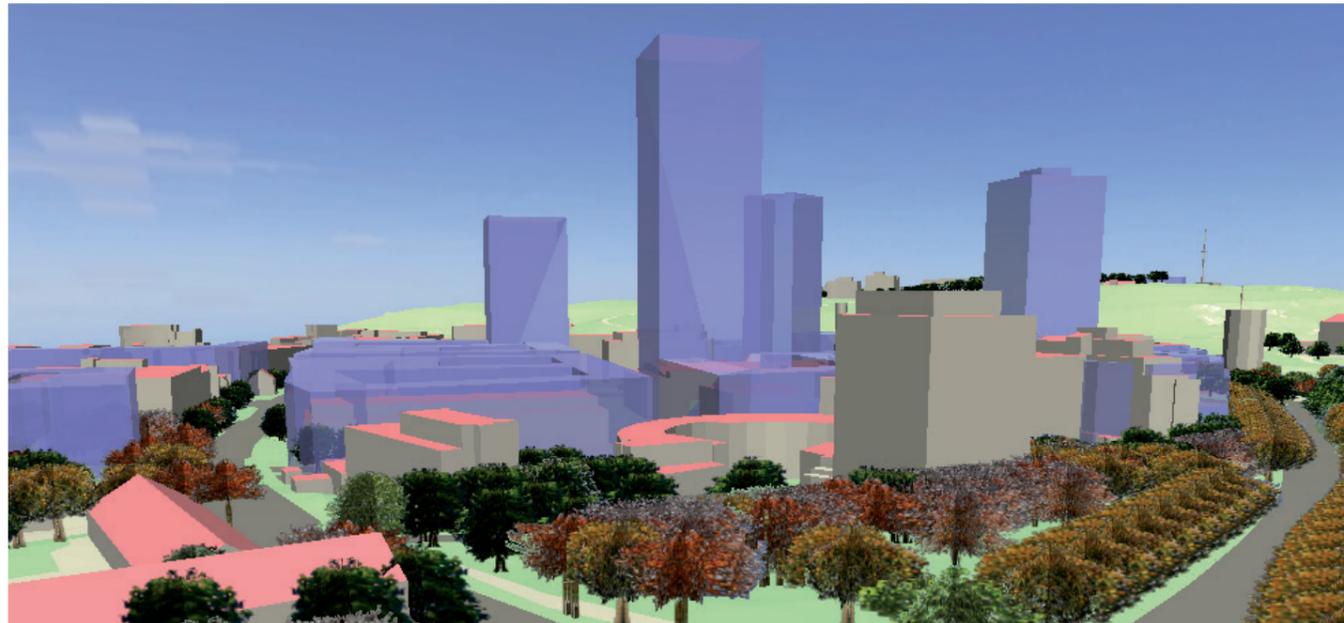
Rathaus Stuttgart

Anwendungsbeispiele Stuttgart3D - Stadtplanung

Die Planung und Umgestaltung ganzer Stadtviertel ist in einem 3D-Stadtmodell mit wenig Aufwand anschaulich realisierbar. Einfache Kubaturen repräsentieren die vermeintliche Gebäudegröße.

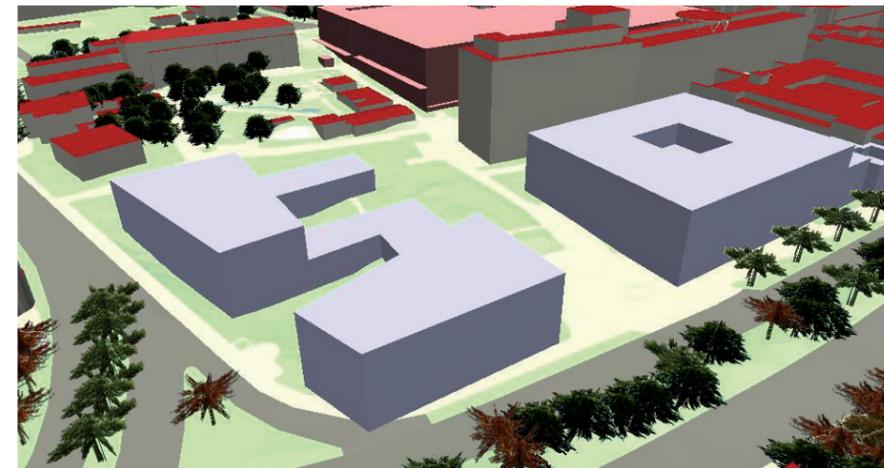
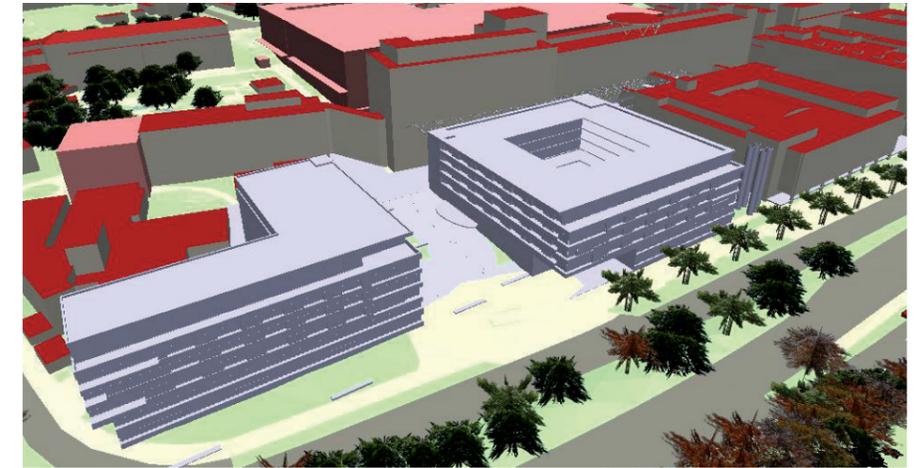
So lassen sich Studien zu Verschattung, Luftzirkulation, Verkehrsflüsse und vieles mehr mit recht wenig Aufwand simulieren. Mit wenig konstruktivem Aufwand kann dieses Szenario verän-

dert und optimiert werden. Letztendlich bietet dieses Werkzeug aber auch dem Laien ein verständliches erstes Bild des neuen Stadtgebietes.



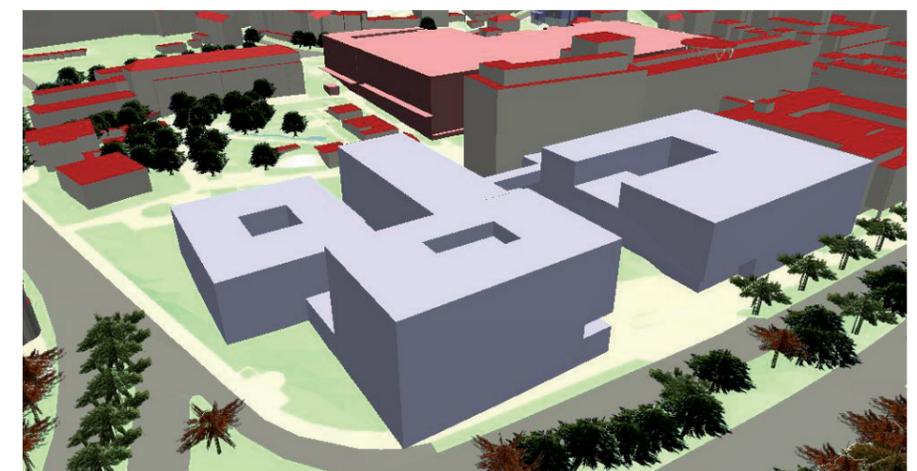
Anwendungsbeispiele Stuttgart3D - Architekturwettbewerb

Ein weiteres Beispiel für die Flexibilität eines 3D-Stadtmodells stellt ein Architekturwettbewerb dar. Speziell beim Bauen im Bestand stellt die Umgebungsbebauung die Planung vor gewisse Rahmenbedingungen. Die Überprüfung dieser Rahmenbedingungen findet auf verschiedenen Ebenen statt. Eine wichtige Entscheidungsebene stellen oftmals fachfremde Gremien dar. Durch die Visualisierung der Planungsentwürfe mit der Einbettung in die zukünftige Umgebung kann sich jeder ein plastisches Bild machen und zu fundierten Aussagen kommen.



Im dargestellten Beispiel ging es um die Auslobung eines Klinikneubaus beim Katharinenhospital in Stuttgart. Teilnehmende Architekturbüros gaben ihre Entwürfe zusätzlich digital ab. Bei der Vorstellung der jeweiligen Entwürfe konnte auch schon die Planung im 3D-Stadtmodell mit den tatsächlichen Bestandsgebäuden gezeigt und bewertet werden.

Jeder aus dem Wettbewerbsgremium konnte sich interaktiv durch diese Vorschläge und Gestaltungsideen bewegen, Bezugsachsen prüfen, Höhenvergleiche ziehen, Verschattungen einblenden, und vieles mehr. Somit lässt sich ein geplanter Neubau in seiner zukünftigen Umgebung ohne viel Aufwand von jedem bewerten.



Anwendungsbeispiele Stuttgart3D - Sachdaten

In einem 3D-Stadtmodell werden nicht nur Geometrien oder farbige Bilder geführt, sondern es werden auch eine Menge zusätzlicher Sachdaten zum jeweiligen Objekt hinterlegt. Mit der eindeutigen Zuordnung zur Geometrie bekommen diese Sachdaten auch ihre Verortung im Raum. Diese Intelligenz der Modelle ist für den Betrachter mit bloßem Auge nicht zu erkennen. Jedoch

können spezielle Verarbeitungen diese Informationen sichtbar machen oder sogar auswerten. Sind in den 3D-Modellen eindeutige Identifikatoren hinterlegt, können noch weitere Datenbestände abgefragt werden.

Zwei Beispiele sollen hier exemplarisch gezeigt werden. Das erste Beispiel zeigt eine Auswahl an Sachdaten zu einem

Gebäude im 3D-Stadtmodell. Je nach Anforderung an den Einsatzbereich des Viewers können weitere Sachdaten freigegeben werden.

Im zweiten Beispiel werden auf Grund dieser Sachdaten spezielle Symbole gesetzt. Hier wird das Thema Kultur mit der Repräsentation von Museen, Theatern und der Sternwarte in der Landeshauptstadt Stuttgart gezeigt.



Anwendungsbeispiele Stuttgart3D - „Stuttgart Lauf“

In Zusammenarbeit mit dem Württembergischen Leichtathletik-Verband (WLV) wurden die Inhalte für diesen 3D-Viewer abgestimmt (www.3d.stuttgart.de/w/stuttgartlauf).

Ausgangspunkt war ein 2D-Viewer, der traditionell die Informationen vom WLV präsentierte. Die Lauflinie hat sich über die Jahre etabliert und da das Ziel fix in

der Mercedes-Benz-Arena vorgeben ist, bleibt als Manövriermasse nur der Startpunkt in der Benzstraße. Je nach Veränderungen der Lauflinie wird der Startpunkt auf die Streckenlänge angepasst. Somit liegt die Lauflinie seit mehreren Jahren eigentlich fest. Die Positionen der Kilometrierung, der Versorgungsstände oder der Musikkapellen wird vom WLV als einfache alphanumerische Liste über-

geben. Mit Hilfe der 3D-Software werden den verschiedenen Themengruppen dann Symbole zugeordnet und somit im Stadtmodell positioniert. Des Weiteren haben verschiedene Symbole noch Zusatzinformationen gespeichert. So erfährt die Betrachterin und der Betrachter beim Musiksymbol auch, welche Musikgruppe von wann bis wann dort spielt.



Anwendungsbeispiele Stuttgart3D - Solarpotenzialflächen

Die Landesanstalt für Umwelt in Baden-Württemberg (LUBW) hat eine Berechnung der Solarpotenzialflächen aller Gebäude des Landes durchgeführt. Anschließend wurden diese Dachflächen

durch die LUBW in sehr gut, gut und bedingt brauchbar klassifiziert. Diese öffentlich zugänglichen 2D-Gebäude-daten konnten mit den Dachflächen des 3D-Stadtmodells Stuttgart verschnitten

werden. Das Ergebnis zeigt nun die Solarpotenzialflächen der ganzen Stadt, individuell auf das jeweilige Gebäude sogar teilflächenscharf.



Anwendungsbeispiele Stuttgart3D - Verschattung

Der Schattenwurf ist ein weiterer wesentlicher städtebaulicher Aspekt, der in einem 3D-Stadtmodell simuliert werden kann. Speziell in der Fragestellung der Nachverdichtung bei Bestandsgebäuden

lassen sich die Auswirkungen auf den Schattenwurf einfach darstellen. Die Funktion berücksichtigt die unterschiedlichen Sonnenstände über das Jahr gesehen, was zu unterschiedlich langen

Schattenwürfen führt. So kann jeder sehen, wie weit der Schattenwurf bei Sonnenhöchststand bzw. Sonnentiefstand ist und inwieweit eine andere Immobilie verschattet wird.

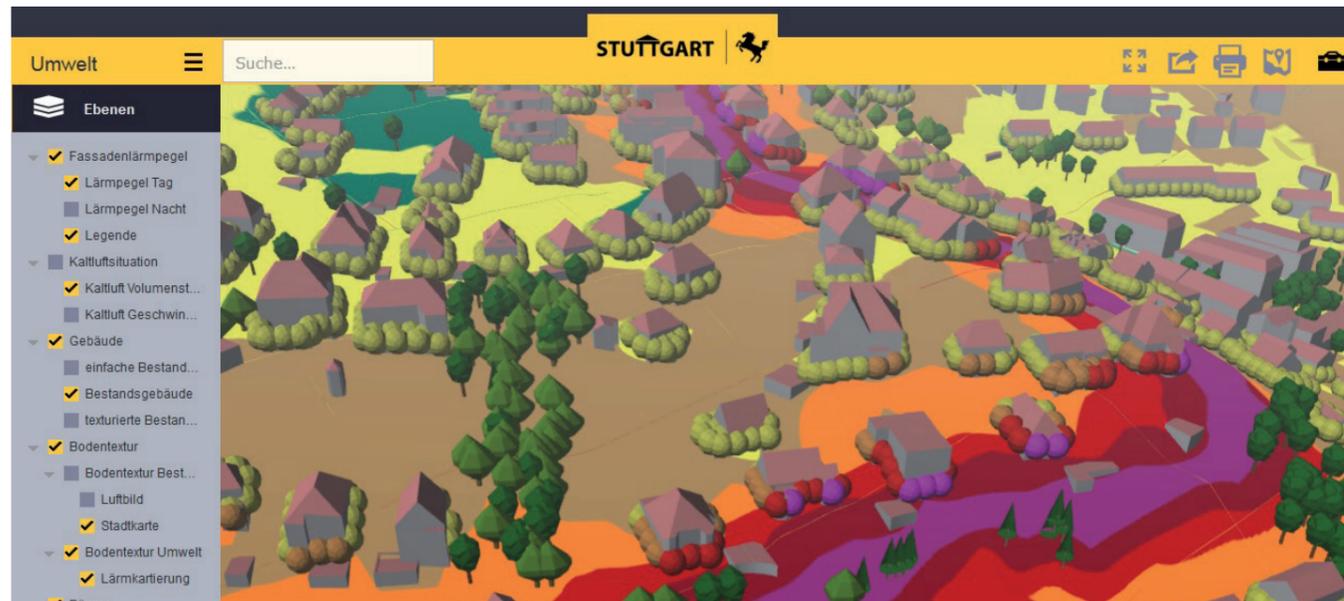
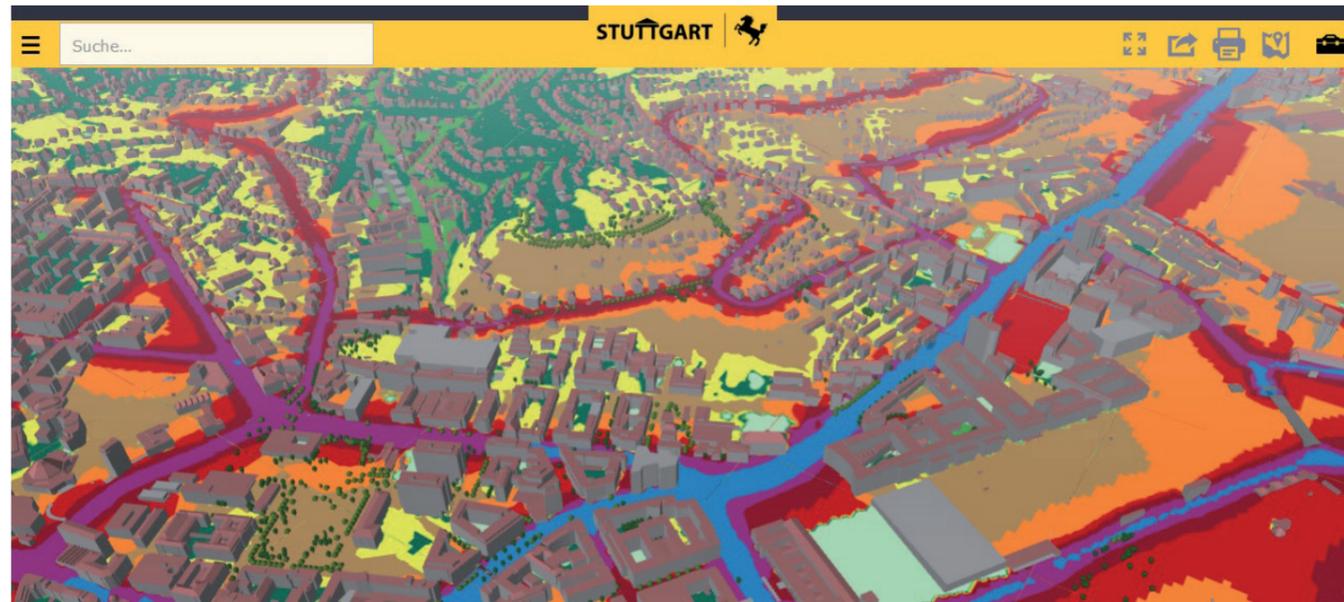


Anwendungsbeispiele Stuttgart3D - Lärmdarstellung

Lärm stellt ein immer größeres Problem in den Städten dar. Die Topografie, die Art der Bebauung, selbst die Vegetation beeinflussen die Ausbreitung der Schallwellen. All diese „Hindernisse“ sind auch in einem 3D-Stadtmodell enthalten und somit wesentlicher Bestandteil bei Simulationen.

In speziellen Fachverfahren lässt sich die Lärmbelastung berechnen und klassifizieren. Die Intensität der Lärmbelastung wird im klassischen Fall farbig auf einem 2D-Plan abgebildet. Lärm hat eine radiale Ausbreitung um seine Quelle, das heißt, Lärm strahlt auch in den 3D-Raum hinein. Auf Straßenniveau ist es bedeu-

tend lauter als im 20. Stockwerk eines Gebäudes. Auch das lässt sich berechnen und diese Intensitäten werden als Fassadenlärmpunkte bezeichnet. Klassifiziert in ihre Intensitäten wurden diese Fassadenlärmpunkte als farbige Kugeln dargestellt.



Anwendungsbeispiele Stuttgart3D - Kaltluftströme

Ein weiteres Umweltthema präsentiert anschaulich Volumenstromdichte (blaue Pfeile) und Geschwindigkeiten (rote Pfeile) von Kaltluftströmen.

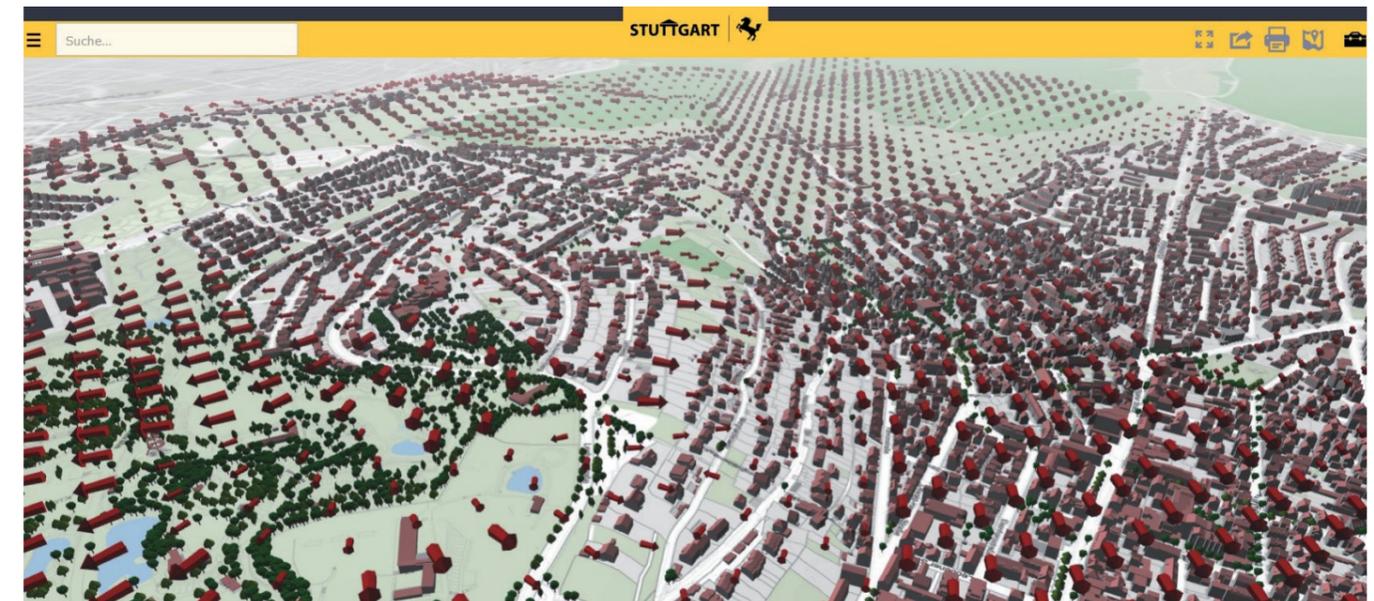
Gerade in der Kessellage der Landeshauptstadt Stuttgart ist der Luftaustausch von immenser Bedeutung.

Mit den Erkenntnissen, die das Amt für Umweltschutz der Stadt Stuttgart gewonnen hat, können nun Simulationen berechnet werden.

Diese Simulationen können den Einfluss von Bebauung auf Wind und folglich den Wärmeaustausch zeigen. Man erkennt ganz deutlich, wie wichtig die

Frischlufschneisen für die Luftbewegungen in der Stadt sind.

Über die Größe der Pfeile und deren Ausrichtung kann die Intensität und der Verlauf der Luftströmung, also von eigentlich nicht sichtbaren Objekten, anschaulich in einem 3D-Stadtmodell präsentiert werden.



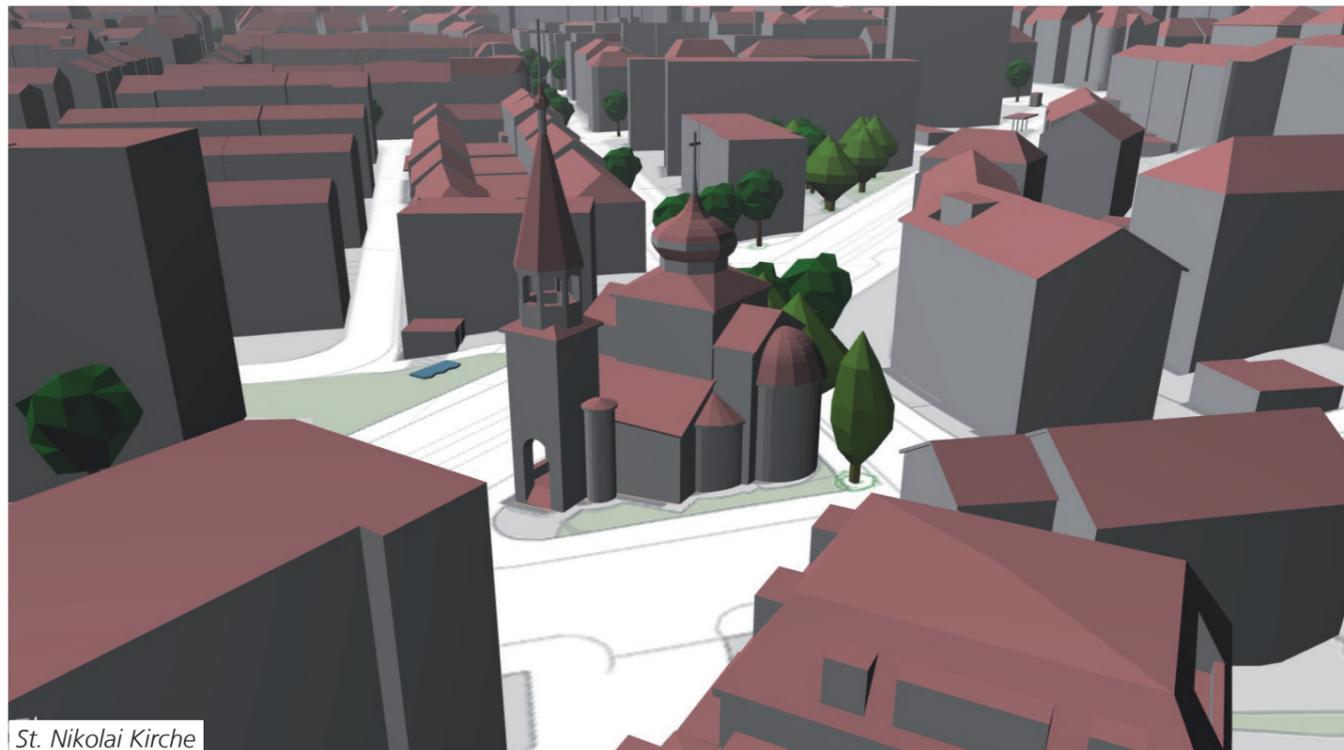
Konstruktion Stuttgart3D - Modellbeispiele



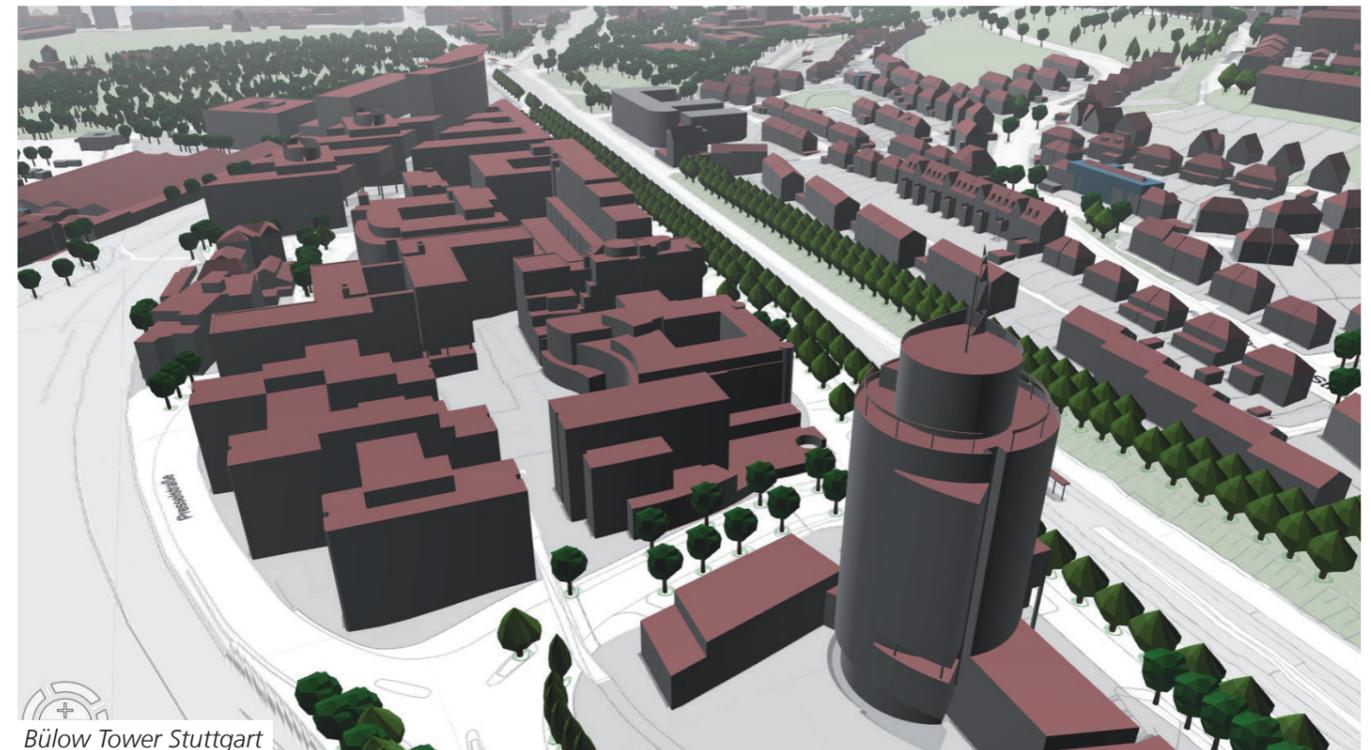
Grabkapelle auf dem Württemberg



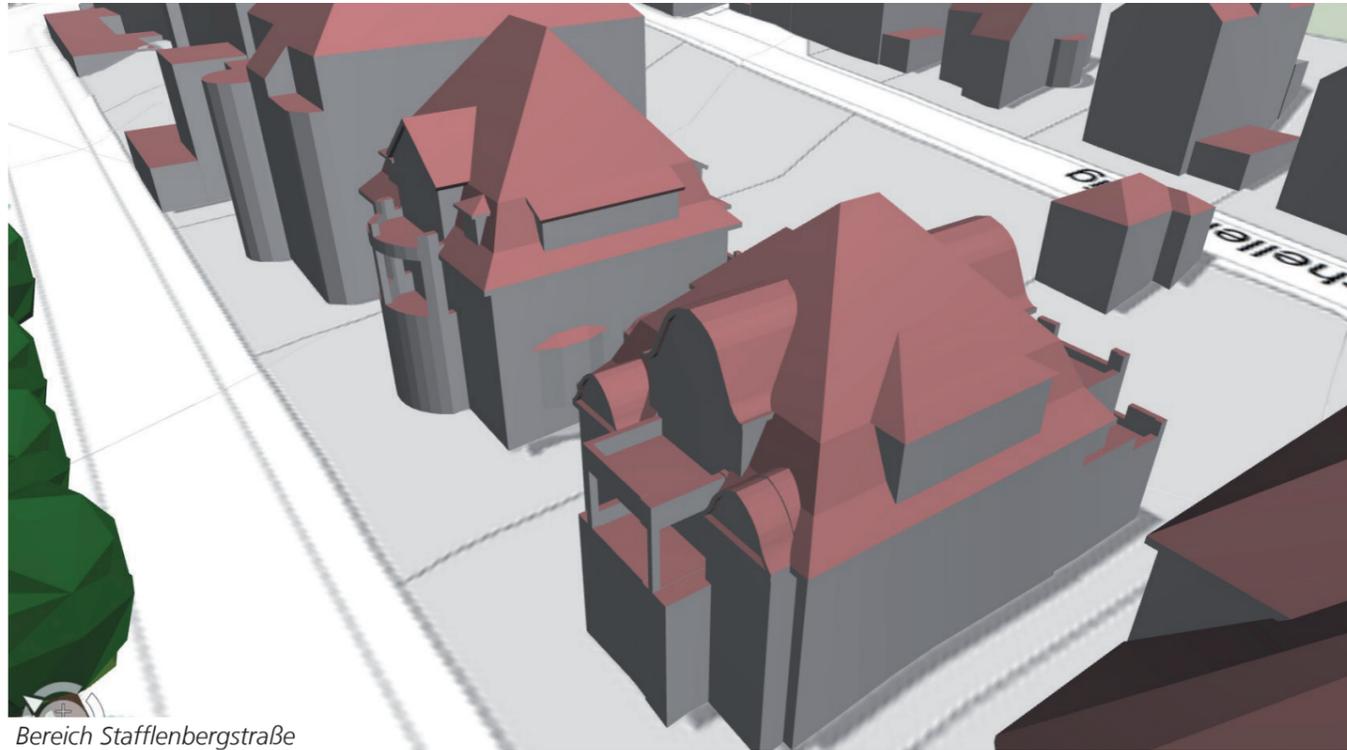
Bereich Hauptstätter Straße



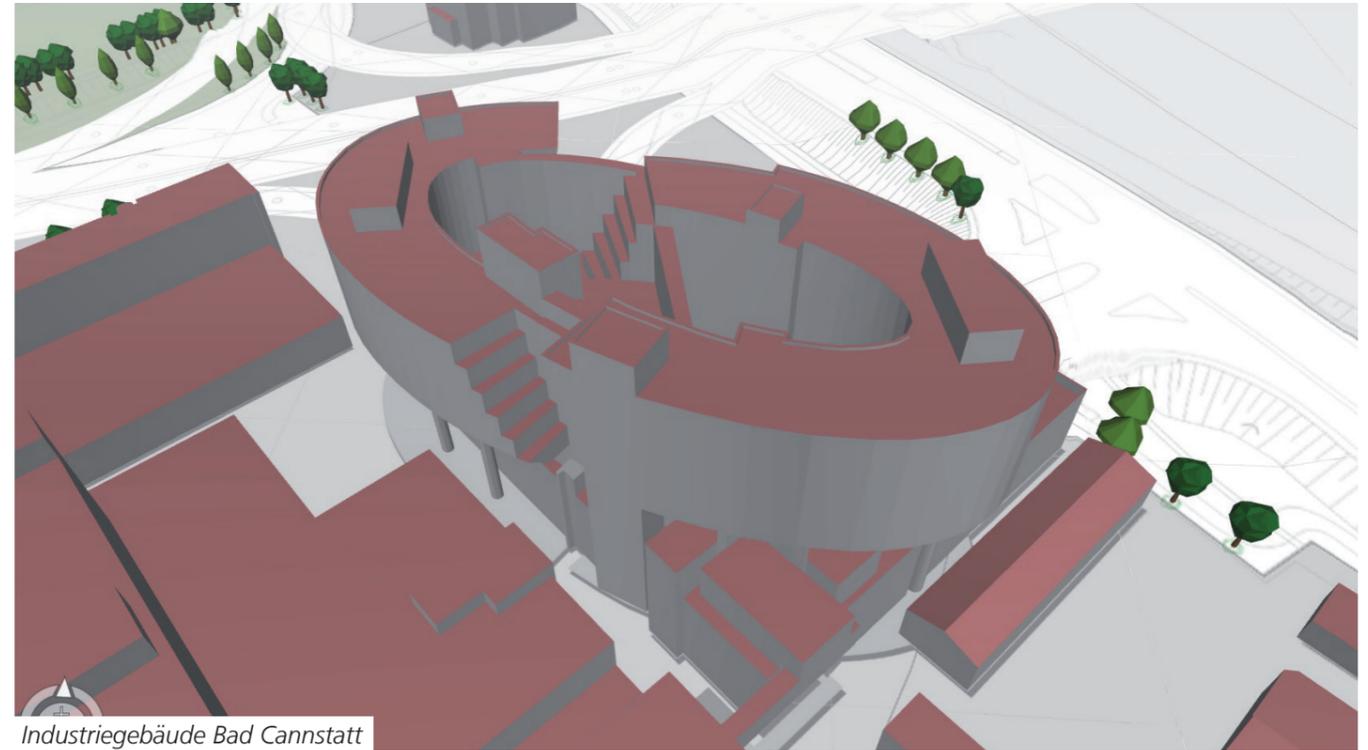
St. Nikolai Kirche



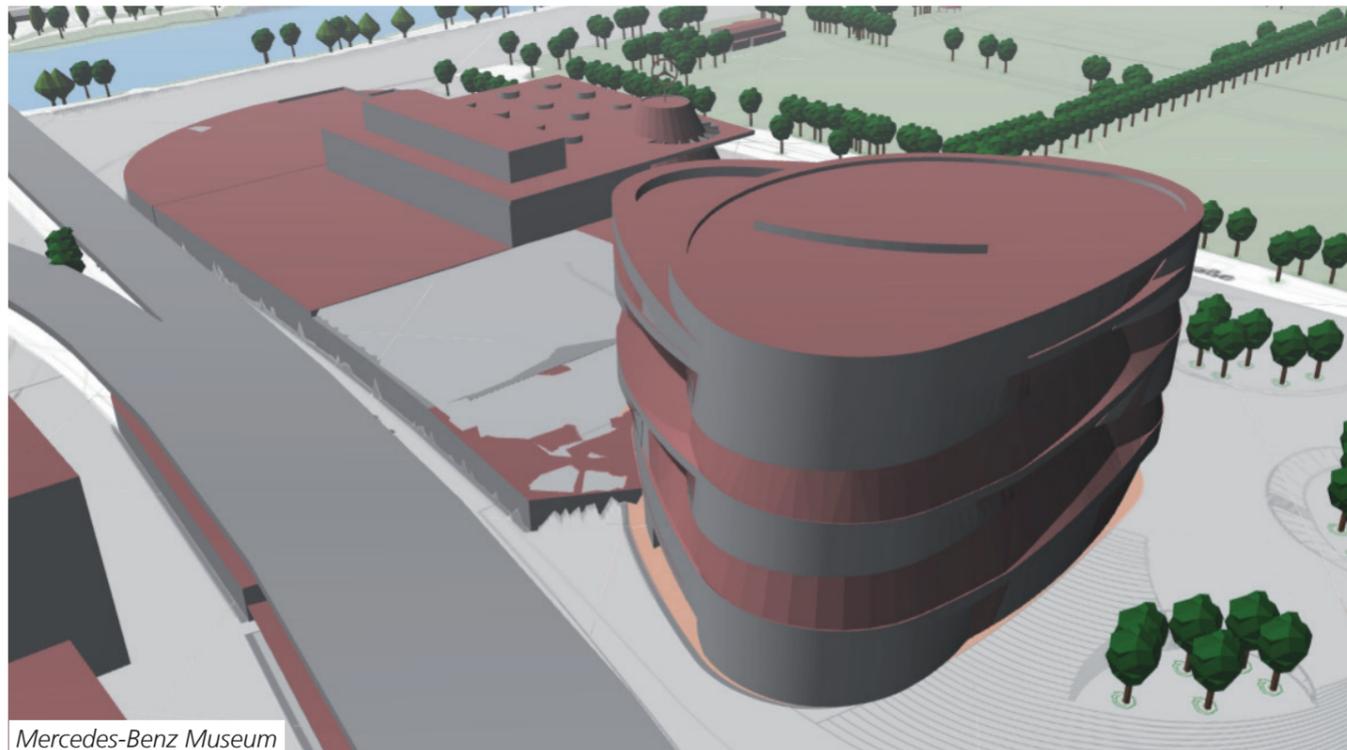
Bülow Tower Stuttgart



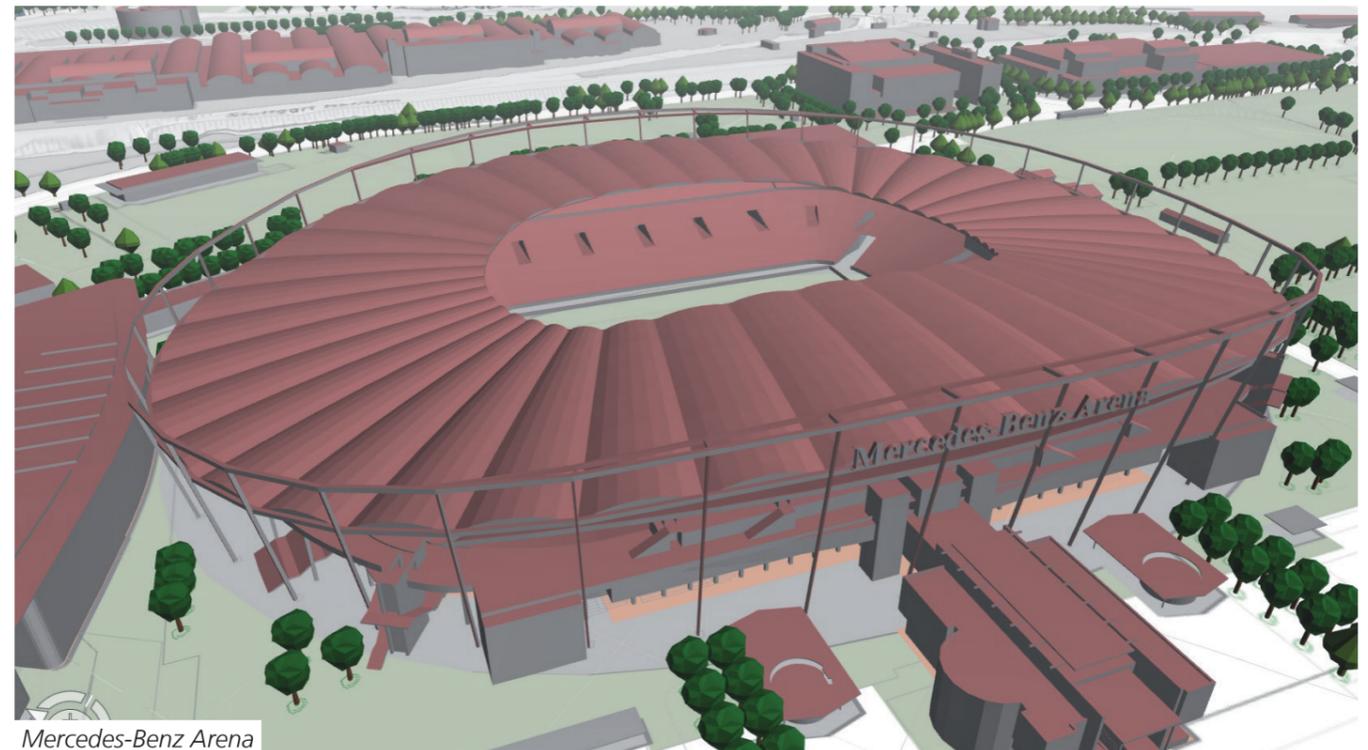
Bereich Staffenbergstraße



Industriegebäude Bad Cannstatt



Mercedes-Benz Museum



Mercedes-Benz Arena

Weiterführende Hinweise

Literatur:

Ingeoforum „3D-Stadtmodelle“

www.ingeforum.de/files/3d-stadtmodelle.pdf

Deutscher Städtetag „3D-Geodaten in der integrierten Stadtentwicklung“

www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/veroeffentlichungen/mat/handreichung_3d-geodaten_stadtentwicklung_neu.pdf

Informationen im Netz:

das GeoPortal der Stadt Stuttgart

www.stuttgart.de/geoportal

zu Stuttgart 3D

www.stuttgart.de/3d

zum 3D-Stadtmodell (Web-Anwendung)

www.3d.stuttgart.de

Impressum

Herausgeberin: Landeshauptstadt Stuttgart, Stadtmessungsamt, Kronenstraße 20, 70173 Stuttgart
Gesamtverantwortlich: Hans-Ulrich Mohl
Layout und Text: Daniela Becker, Matthias Ringle und Ulrich Schäfer
Copyright: © Stadtmessungsamt Stuttgart 2019

GEODATEN ... VERMESSUNGEN ...
KARTEN ... GRUNDSTÜCKSWERTE ...
GRUNDBUCHEINSICHTSSTELLE

So finden Sie uns.



Landeshauptstadt Stuttgart
Kundenzentrum Stadtmessungsamt

Customer Service Centre of the Stadtmessungsamt

Kronenstr. 20, 70173 Stuttgart

Telefon: 0711 / 216 - 59 601

Telefax: 0711 / 216 - 95 01 92

E-Mail: stadtmessungsamt@stuttgart.de

Öffnungszeiten: Mo - Do 9:00 - 16:00 Uhr
Fr 9:00 - 12:00 Uhr
(und nach Vereinbarung)

"Klicken Sie uns"

www.stuttgart.de/stadtmessungsamt

