



Hochschule Anhalt

Anhalt University of Applied Sciences

Bernburg
Dessau
Köthen

Fachbereich AFG

Studiengang Vermessung/Geoinformatik

Marvin J. Gabler 4060141

Erstprüfer: Prof. Dr. -Ing. Heinz Runne

Zweitprüfer: Dipl. -Ing. Torsten Witter

Abgabe: 01.07.2018

BACHELORARBEIT

Entwicklung eines 3D-Stadtmodells für die Stadt Schmölnn



Bachelorarbeit für Herrn Marvin Gabler

Entwicklung eines 3D-Stadtmodells für die Stadt Schmölln

3D-Stadtmodelle gewinnen in der raumbezogenen Datenverarbeitung zunehmend an Bedeutung. Sie bilden die Grundlage für vielfältige Planungs- und Bauvorhaben. Des Weiteren lassen sich aus diesen realitätsnahe dreidimensionale Visualisierungen des Ortsbildes ableiten, die insbesondere für touristische Werbung genutzt werden.

Das Land Thüringen hat in seine „Open-Geodata“-Initiative eine Vielzahl seiner Produkte für die kostenfreie Nutzung freigegeben. U. a. können Daten der Geotopographie, Luftbilder sowie Digitale Geländemodelle frei genutzt werden. Somit stehen Ausgangdaten für die Erstellung eines 3D-Stadtmodells zur Verfügung.

Da die Ausgangsdaten der Thüringer Vermessungsverwaltung lediglich die Ableitung von 3D-Modellen mit geringem Detaillierungsgrad ermöglichen, sind für relevante Objekte die Darstellungen durch ergänzende Datenerfassung und ggf. durch Integration weitere raumbezogener Daten, wie z. B. Leitungsdokumentationen von Ver- und Entsorgungsunternehmen, zu ergänzen. Hierfür ist ein Anforderungskonzept für das 3D-Stadtmodell unter Hinzuziehung potenzieller Nutzer zu erstellen.

Zum Aufbau des 3D-Stadtmodells soll das Programmsystem VIS-ALL®3D der Firma Software-Service John GmbH, Illmenau genutzt werden. In Zuge einer Anforderungsanalyse sind die für das Projekt notwendigen Programmfunktionalitäten aufzuzeigen sowie ein Softwarekonzept in Zusammenarbeit mit der Herstellerfirma aufzustellen.

Der Arbeitsumfang für die Erstellung eines vollständigen 3D-Stadtmodells der Stadt Schmölln übersteigt den Arbeitsumfang dieser Bachelorarbeit bei Weitem, so dass im Zuge dieser Arbeiten lediglich ein Grundgerüst aufgebaut werden kann. Für die Verfeinerung und die Fortschreibung des 3D-Stadtmodells ist u.a. eine Zusammenarbeit mit ortsansässigen Schulen vorgesehen. Dabei sind Schülerprojekte vorgesehen, in denen einzelne Objekte auf der Grundlage der vorhandenen Daten in ihren Strukturen detailliert sowie bei Veränderungen fortgeschrieben werden sollen. Dazu ist in dieser Arbeit eine Fortschreibungskonzept zu entwickeln.

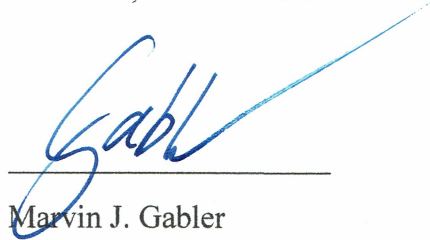
Die einzelnen Teilkonzepte sind durch praktische Beispiele zu unterlegen. Dazu sind die notwendigen Schritte der Messungen sowie Auswertungen so zu dokumentieren, dass diese für Fortschreibungen des 3D-Stadtmodells in der Nutzungsphase durch Externe nachvollziehbar ausgeführt werden können.

Die Arbeiten zur Entwicklung des 3D-Stadtmodells sind in Kooperation mit der Vermessungsbüro Gabler GmbH, Schmölln, sowie Software-Service John GmbH, Illmenau durchzuführen. Des Weiteren sind die Stadt Schmölln, die ortsansässigen Schulen, sowie weitere Beteiligte in das Projekt einzubeziehen. Vorgaben zum Datenschutz und zur Arbeitssicherheit durch die Projektbeteiligten sind einzuhalten.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Marvin Jens Gabler, an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und sowohl wörtliche, als auch sinngemäß entlehnte Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Schmölln, den 01. Juli 2018



Marvin J. Gabler

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei dem Institut für Vermessung und Geoinformatik der Hochschule Anhalt für sieben Semester der Vermittlung von methodischem und theoretischem Wissen sowie praktischen Kenntnissen im Studium „Vermessung und Geoinformatik“ recht herzlich bedanken. Dieser Dank gilt allen Professoren und Mitarbeitern des Institutes, die mich zu jeder Zeit mit ihrer fachlichen Kompetenz, konstruktiver Kritik und mit viel Engagement während meines Studiums begleitet haben. Ein besonderer Dank gilt hierbei Herrn Prof. Dr.-Ing. Heinz Runne, der mir mit Rat und Tat zur Seite stand und dessen fachliche Betreuung entscheidend zur Erstellung dieser Bachelorarbeit beitrug.

Darüber hinaus möchte ich mich herzlichst bei meinem Praktikumsbetrieb, der *Vermessungsbüro Gabler GmbH*, bedanken. Ich bedanke mich bei unserem Geschäftsführer, Herrn Dipl. Verm. - Ing. (FH) Torsten Witter, für die Übernahme des Prüferamtes sowie bei meinen Kollegen, auf deren Unterstützung und Erfahrungen ich während des gesamten Studiums zählen konnte.

Zugleich bedanke ich mich bei der *Software-Service John GmbH* für die Beratung zur Ideenfindung, ein 3D-Stadtmodell der Stadt Schmölln mit Ihrer Software *VIS-All®3D* zu entwickeln und der damit verbundenen Bereitstellung der Programmlizenz. Ein besonderer Dank gilt Frau Dipl.-Ing. Ute John und Herrn Dipl.-Ing. Dirk-Hendrik John sowie Frau Ina Schmidt für Ihre stetige Hilfsbereitschaft und Unterstützung, welche die Realisierung dieser Bachelorarbeit ermöglichte.

Mein Dank gilt ebenso der Stadt Schmölln, dem Bürgermeister Sven Schrade sowie den Schulleiterinnen Frau Steffi Kersten und Frau Martina Pleuse, welche ihren Schülern die Möglichkeit geben, das 3D-Stadtmodell an einer Projekt - oder Seminarfacharbeit zu verfeinern und fortzuführen.

Bei der *AllTerra Deutschland GmbH*, vertreten durch Herrn Thomas Seipt, bedanke ich mich für die Gerätevorführung in Form einer Messkampagne mit der *Scanning-Totalstation SX10* der Firma *Trimble* und die Bereitstellung einer kostenfreien *Trimble Business Center*-Lizenz.

Der *HHK Datentechnik GmbH* danke ich für die Bereitstellung einer kostenfreien *GEOgraf®*-Lizenz zur Ver- und Bearbeitung der geotopografischen Daten.

Zusätzlich danke ich *Flying – pixx* Schmölln, vertreten durch Herrn Uwe Kretzschmar, für die Möglichkeit der photogrammetrischen Aufnahme mittels Flugdrohne.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern, meinen Großeltern, meinem Bruder, meiner Freundin, meinen Freunden und Kommilitonen für die moralische Unterstützung während meines gesamten Studiums herzlichst bedanken.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	4
1.1 Motivation	5
1.2 Zielsetzung	5
1.3 Analyse der Chancen, Risiken und Rahmenbedingungen.....	6
1.4 Methodischer Ansatz.....	6
2. Projektplanung, Beteiligung der Schulen und Partner	7
2.1 Zusammenarbeit.....	8
2.2 Projektinitialisierung	9
2.2.1 Anforderungskonzept	9
2.2.2 Hard- und Softwarekonzept.....	12
2.2.3 Fortschreibungskonzept	14
2.3 Workflow	16
3. Die Visualisierungssoftware VIS-All® 3D	17
3.1 Das Entwicklerteam	17
3.2 VIS-All® 3D	18
3.3 Anwendungsgebiete	21
3.3.1 Stadtplanung.....	21
3.3.2 Windkraftanlagen	22
3.3.3 Unterirdische Kanal- und Leitungssysteme	22
3.3.4 Weitere Anwendungsgebiete.....	23
3.4 Anforderungsanalyse.....	24
3.5 Zusammenfassung.....	25
4. „Offene Geodaten“ Thüringen.....	25
4.1 Digitale Luftbilder und Orthophotos	27
4.1.1 Download	27
4.1.2 Bearbeitung	27
4.2 Höhendaten	28
4.2.1 Download	28
4.2.2 Bearbeitung	29
4.2.2.1 DGM2 / DGM25	29
4.2.2.2 Zuschnitt der Verwaltungsgebietsgrenze	29
4.3 3D-Gebäudedaten	30
4.3.1 Download	31
4.3.2 Bearbeitung	31

4.3.3 AdV- CityGML für 3D Gebäudemodelle	31
4.3.3.1 Beispieldatensatz / LoD2	32
4.3.3.2 Qualitätsanalyse - Lage / Bodenhöhe / Gebäudehöhe	33
4.4 Bewertung	35
5. Verfügbare raumbezogene Daten / ergänzende Datenerfassung	35
5.1 Bereitstellung verfügbarer raumbezogener Daten	35
5.1.1 Markt	35
5.1.1.1 Datenaufbereitung / Verifizierung	36
5.1.1.2 Auswertung, Bewertung und Weiterverarbeitung	37
5.2 Ergänzende Datenerfassung	38
5.2.1 Lage- und Höhenplan Bürogelände	38
5.2.1.1 Festpunktfeld	39
5.2.1.2 GNSS-Messung	39
5.2.1.3 Netzausgleichung	40
5.2.1.4 Tachymetrische Aufnahme	40
5.2.1.5 Auswertung, Bewertung und Weiterverarbeitung	41
5.2.2 Photogrammetrische Aufnahme	43
5.2.2.1 Befliegung Marktbereich / Feuerwehrturm	43
5.2.2.2 Aufnahme der Texturen	45
5.2.2.3 Auswertung, Bewertung und Weiterverarbeitung	45
5.2.3. Terrestrisches Laserscanning	50
5.2.3.1 Durchführung Brunnen	50
5.2.3.2 Durchführung EFH	51
5.2.3.3 Auswertung, Bewertung und Weiterverarbeitung	52
5.2.4 SketchUp Modellierung	53
5.2.4.1 Modellierung Bürogebäude	53
5.2.4.2 Auswertung, Bewertung, Weiterverarbeitung	56
6. Import der Geodaten / Texturen in VIS-All® 3D	57
6.1 „Offene Geodaten“	57
6.1.1 DGM-Import	57
6.1.2 Orthofoto-Import	58
6.1.3 3D-Gebäudedaten - Import	59
6.2 Lage- und Höhenpläne	60
6.2.1 Flächen	61
6.2.2 Linien	62
6.2.3 Punkte	63
6.2.4 Verfeinerung	64

6.2.4.1 Konstruktion stadtspezifischer 3D- Symbole.....	64
6.2.4.2 Konstruktion der Markttreppe	65
6.2.4.3 Qualitätsverbesserung DGM	66
6.3 Photogrammetrische Messung	67
6.3.1 Import Brunnen	68
6.3.2 Import Texturen.....	68
6.3.3 Import Orthofotos.....	69
6.4 Scandaten	69
6.5 SketchUp Modell	71
7. Export.....	72
8. Genauigkeitsanalyse der „Offenen Geodaten“	73
8.1 Vergleich Lage LoD2 / terrestrische Vermessung	73
8.2 Vergleich Traufhöhe LoD2 / terrestrische Vermessung.....	74
8.3 Vergleich Bodenhöhe LoD2 / terrestrische Vermessung	75
9. Zusammenfassung und Ausblick	76
Abbildungsverzeichnis.....	I
Tabellenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
Literaturverzeichnis.....	V
Anhangsverzeichnis.....	VI

1. Einleitung

Die Aufgabe dieser Bachelorarbeit besteht darin, die frei verfügbaren Geodaten der Stadt Schmöln und ihrer Ortsteile in einem ComputermodeLL dreidimensional zu visualisieren und einen Prozess zu starten, der die Fortschreibung und Verfeinerung dieser Daten sicherstellt. Das Hauptaugenmerk liegt dabei darauf, aus den „Offenen Geodaten“ einen Mehrwert für Verwaltung, Schule, Wirtschaft, öffentliche Einrichtungen und Bürger zu generieren sowie aufzuzeigen, zu untersuchen und zu vergleichen, mit welchen photogrammetrischen bzw. vermessungstechnischen Verfahren das Modell der Stadt künftig wirtschaftlich realitätsgetreuer abgebildet werden kann.

Die Texturierung der Gebäudefassaden, die Modellierung einzelner Gebäude, die Einarbeitung vorhandener Leitungs- und Bestandspläne, gezielte Bestandsvermessungen, photogrammetrische Verfahren und der Einsatz terrestrischer Laserscanner sind die hier näher untersuchten Methoden zur dreidimensionalen Darstellung der vorhandenen Infrastruktur.

Mit den Ergebnissen werden die Möglichkeiten angedeutet und präsentiert, die künftig der Verwaltung, den Bürgern sowie Planungsbüros, Architekten, Feuerwehr, THW und vielen mehr zur Verfügung stehen.

Um im Laufe der Zeit dieses Stadtmodell zu verfeinern und fortzuschreiben, wird im Rahmen dieser Bachelorarbeit ein langfristiger Bearbeitungsprozess in Gang gesetzt. Dazu wird ein Workflow mit den Schulleitern der ortsansässigen Schulen besprochen, der die Mitwirkung der Schüler dieser Schulen sicherstellt. Im Ergebnis wird eine Absichtserklärung mit allen Projektbeteiligten verfasst, die den Prozess der Fortschreibung regelt.

1.1 Motivation

Die Motivation für dieses Projekt entstand aus dem Wunsch heraus, die „Heimatstadt“ in einem Computermodell betrachten zu können. Auf der INTERGEO (Kongress und Fachmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement) wurde bereits vor mehr als 10 Jahren ein digitales 3D-Modell eines Marktplatzes vorgestellt, welches mit dem Softwareprodukt „VIS-All@3D“ visualisiert wurde. Aus der damaligen Faszination, Messdaten wie in einer „Spielumgebung“ dreidimensional darzustellen, entwickelte sich die Idee, ein dreidimensionales Computermodell der gesamten Stadt Schmölln und seiner Ortsteile zu planen und zu erstellen. Durch die „Offenen Geodaten“ ergab sich die Chance, raumbezogene Daten kostenfrei vom Land Thüringen zu Verfügung gestellt zu bekommen. Dies war der Schlüssel für die kostengünstige Zusammenführung der verschiedenen offenen, gemessenen und vorhandenen Geodaten zur Erstellung eines „begehbaren“ dreidimensionalen digitalen Stadtmodells. Ein weiterer Motivationsfaktor ist die vielfältige Nutzbarkeit für Architekten, Planer, Bürger, öffentliche Einrichtungen, Feuerwehr und nicht zuletzt für die Wirtschaft sowie das Stadtmarketing. Die Möglichkeit, eine ganze Stadt mit Ortsteilen in einem Computermodell zu erkunden und zu betrachten, ist ein Herausstellungsmerkmal.

1.2 Zielsetzung

Die Zielsetzung besteht darin, ein digitales fotorealistisches 3D-Modell der Stadt Schmölln und seiner Ortsteile durch die Implementierung und fortlaufende Veredlung der verfügbaren kostenfreien Geodaten zu entwickeln. Zuerst soll dafür die dreidimensionale Visualisierung der weitgehend automatisiert erzeugten und vom Land Thüringen zur Verfügung gestellten Geodaten, innerhalb der jetzigen Verwaltungsgebietsgrenzen der Stadt Schmölln, erfolgen. Weiterführend sollen am Marktplatz und am Sitz des Vermessungsbüros beispielhaft Texturen aufgebracht, 3D-Elemente geodätisch exakt platziert und über- bzw. unterirdische Bestandsvermessungen eingepflegt werden. Die künftige, über den Rahmen dieser Bachelorarbeit hinausgehende, weiterführende Ausgestaltung und Verfeinerung sollte durch die Texturierung aller LoD2 Gebäude, die fortlaufende Einarbeitung von Bestandsvermessungen und die Ausgestaltung mit realistischen 3D-Elementen bzw. Gebäuden erfolgen. Diese fortlaufende Ausgestaltung ist ein Prozess. Dieser Prozess ist durch die Akquise geeigneter Projektpartner zur Sicherstellung der Fortschreibung zu organisieren und zu moderieren. Die geplante Mitwirkung von Schulen und Schülern verankert das Projekt in der Stadtbevölkerung.

1.3 Analyse der Chancen, Risiken und Rahmenbedingungen

Die Chance besteht darin, kostengünstig im Rahmen dieser Bachelorarbeit, ein 3D Modell mit vorerst noch geringem Detaillierungsgrad zu erzeugen. Die Aussichten, dieses Modell mithilfe der Schüler und Projektpartner zu verfeinern und fortzuschreiben, sind erfolgversprechend. Eine Absichtserklärung (siehe Anhang A) wurde bereits mit allen Beteiligten abgestimmt.

Die künftigen Möglichkeiten sind vielfältig. So können neben verschiedenen Ansichten, Simulationen und Sichtachsen auch Maße abgegriffen, Analysen erstellt und Planungen jeglicher Art visualisiert werden. Insbesondere die Bauverwaltung, das Stadtmarketing, der Katastrophenschutz, das THW und die Feuerwehren werden diese Möglichkeiten schätzen. Die Risiken liegen insbesondere in der Bereitschaft der Projektpartner, das begonnene Projekt fortzusetzen sowie die erforderliche Hard- und Software zu beschaffen, zu pflegen und fortlaufend zu finanzieren.

Die Rahmenbedingungen sind durch die verfügbaren kostenfreien Geodaten, dem Programmsystem VIS-All®3D und dem Engagement der beteiligten Partner vorgegeben. Ein wichtiger Bestandteil dieser Bachelorarbeit ist somit die Akquise, die Gewinnung bzw. Überzeugung sowie die Motivation und die Einbeziehung der potentiellen Partner. Die Stadt Schmölln hat federführend Unterstützung zugesagt. Die Wohnungsverwaltung Schmölln GmbH, die ortsansässigen Schulen und die Stadtwerke Schmölln GmbH beabsichtigen, sich an der Verfeinerung und Fortschreibung zu beteiligen. Das Vermessungsbüro Gabler stellt die notwendige Rechentechnik zur Verfügung. Die Software wird, für den Rahmen dieser Bachelorarbeit, von der Fa. Software Service John GmbH bereitgestellt.

1.4 Methodischer Ansatz

Nach der Präsentation der Idee im Vermessungsbüro wurden die Hardware-Voraussetzungen anhand der Vorgaben des Projektpartners Software Service John GmbH definiert und beschafft.

Im Anschluss wurden die für das Projekt erforderlichen Softwaresysteme lizenziert und installiert.

Nachdem die Hard- und Softwarevoraussetzungen geschaffen waren, erfolgte der Download der „Offenen Geodaten“. Weitere zu implementierende Daten wurden durch örtliche Vermessungen, photogrammetrische Verfahren, Konvertierung vorhandener Vermessungsunterlagen oder durch die Modellierung vorhandener Grundrissdaten

gewonnen. Diese Daten wurden selektiert bzw. bearbeitet, damit nur Daten innerhalb des exakt vorgegebenen Verwaltungsgebietes (siehe Anhang B) in das Zielsystem VIS-All®3D importiert wurden. Nach dem Import dieser Daten erfolgte die beispielhafte Ausgestaltung mit Texturen und 3D Elementen. Die Fortschreibung des Datenbestandes ist ein wesentlicher Aspekt dieser Bachelorarbeit. Hierzu wurden die potentiellen Projektpartner zu mehreren Versammlungen und Präsentationen eingeladen und entsprechende Erklärungen abgegeben. In Abstimmung mit den Schulleitern der ortsansässigen Schulen werden künftig, im Rahmen des Informatikunterrichtes, Fassaden, zuerst öffentlicher Gebäude, als Texturen von Schülern fotografiert, entzerrt und retuschiert. Des Weiteren werden künftig im Rahmen von Projekt- oder Teamarbeiten exakte Modellierungen einzelner, zuerst öffentlicher, Gebäude in LoD3 oder LoD4 Qualität generiert. Diese von den Schülern erzeugten Daten werden künftig von der Vermessungsbüro Gabler GmbH verifiziert und fortlaufend in den Datenbestand eingepflegt.

2. Projektplanung, Beteiligung der Schulen und Partner

Der erforderliche Arbeitsaufwand für die Erstellung eines vollständigen 3D Stadtmodells übersteigt den Rahmen einer Bachelorarbeit bei Weitem. Es entsteht jedoch ein Grundgerüst mit geringem Detaillierungsgrad für das gesamte Verwaltungsgebiet der Stadt. In einigen Bereichen erfolgt beispielhaft die Verfeinerung dieser Daten durch ergänzende Datenerfassung, Integration weiterer raumbezogener Daten und Ausgestaltung mit 3D Elementen. Dieses Kapitel beschreibt den Weg zu einer Verfeinerung und Fortschreibung des 3D Stadtmodells der Stadt Schmölln.

Projektbeteiligte	Schulen und Partner
Stadt Schmölln	Roman Herzog Gymnasium Schmölln
Stadtwerke Schmölln GmbH	Staatliche Regelschule „Am Eichberg“ Schmölln
Wohnungsverwaltung Schmölln GmbH	Flying - pixx - Schmölln
Software-Service John GmbH	GGs - Gerhard Kemper
Vermessungsbüro Gabler GmbH	AllTerra Deutschland GmbH

Tabelle 1: Auflistung projektbeteiligte Schulen und Partner

2.1 Zusammenarbeit

Ein wesentlicher Teil der vorliegenden Bachelorarbeit ist die Akquise und Bindung potenzieller Projektpartner. Die Schlüsselaufgabe bestand darin, diese Partner zu finden und von der Idee zu überzeugen. Zu diesem Zweck wurden eine Vielzahl an persönlichen Gesprächen geführt, die letztlich zu der nachfolgend näher beschriebenen Terminkette führten.

Die Zusammenarbeit mit der Stadt Schmölln begann am 16.01.2018. Für diesen Tag wurde ein Termin mit dem Bürgermeister, Herrn Schrade, dem Bauamtsleiter, Herrn Erler, sowie weiteren Mitarbeitern der Stadtverwaltung anberaumt, um das Projekt vorzustellen und um die Stadt Schmölln als Projektpartner zu gewinnen. Im Rathaus der Stadt wurde eine kurze Präsentation (siehe Anhang C) zum Thema dieser Bachelorarbeit gehalten. Dabei wurden positive Faktoren, die das Projekt künftig eröffnet, beleuchtet und die Fragen der Stadtverwaltung beantwortet. Da vorgetragen wurde, das Modell künftig mit den ortsansässigen Schulen fortzuschreiben, bot der Bürgermeister an, sich mit den Schulleitern der ortsansässigen Schulen sowie den Geschäftsführern der Wohnungsverwaltung und der Stadtwerke in Verbindung zu setzen. Dies führte zu einem Folgetermin am 27.02.2018. Hier erfolgte eine erneute Präsentation vor Schulleitern, Informatiklehrern, den Geschäftsführern der Stadtwerke und der Wohnungsverwaltung sowie dem Bauamtsleiter. Diese in Anhang D ersichtliche Präsentation wirkte anschaulicher, da das Projekt bereits fortgeschritten war. Somit konnten die anwesenden Beteiligten erkennen, welche Vorteile und welchen Nutzen sie aus dem Projekt generieren könnten. Um den Schülern das Projekt zu veranschaulichen, wurde jeweils ein Termin am 08.05.2018 mit der Schulleitung der Regelschule und am 18.06.2018 mit der Schulleitung des Gymnasiums vereinbart. An den Schulen wurde vor Schülern und Lehrern das Projekt mit einer PowerPoint-Präsentation vorgestellt (siehe Anhang E). Die Schüler erhielten einen Einblick, wie das Grundgerüst erarbeitet wurde. Es wurden Bearbeitungsschritte zur Verfeinerung, wie die Bildbearbeitung oder das Einfügen der Bilder in das Programm, vorgestellt. Zugleich wurden diverse Vorteile, die das Projekt für die Schule und den Unterricht bieten kann, illustriert.

Im Ergebnis der geführten Gespräche sollte eine Absichtserklärung (siehe Anhang A) möglichst gemeinsam und pressewirksam unterzeichnet werden.

2.2 Projektinitialisierung

Die Projektinitialisierung beschreibt die Anforderungen an das Projekt sowie an die dazu notwendige Hard- und Software und soll fachfremde Personen ermutigen, an der Verfeinerung, Ausgestaltung und Fortschreibung mitzuwirken.

2.2.1 Anforderungskonzept

Erstellung eines 3D Modells auf der Datengrundlage der Ausgabedaten der Thüringer Kataster- und Vermessungsverwaltung mit geringem Detaillierungsgrad.

Als Raumbezug wird das Lagereferenzsystem ETRS89 in Verbindung mit der UTM-Abbildung und als Höhenreferenzsystem das deutsche Haupthöhenetz 2016 (DHHN2016) vorgegeben.

Das 3D Modell soll sich auf das Gemeindegebiet von insgesamt 41,60 km² begrenzen und die derzeit bestehenden ca. 10.800 Gebäude abbilden.

Die 3D Gebäudedarstellung hat mindestens im Format LoD2 zu erfolgen. Diese Daten besitzen sämtliche Standarddachformen wie Satteldach, Pultdach und Walmdach.

Die einzuhaltenden Genauigkeiten sind durch die jeweilige Genauigkeit der Ausgabedaten der Thüringer Kataster und Vermessungsverwaltung definiert (DGM2 - Höhen- und Lagegenauigkeit +/- 0,3 Meter; DGM 25 - Höhen- und Lagegenauigkeit von +/- 1 m bis +/- 3 m, Orthofotos - Lagegenauigkeit +/-40cm; LOD2 - wie in Kapitel 4.3.3.2 beschrieben).

Für die ergänzende Datenerfassung sind die mittels SAPOS HELPS erreichbaren Lage- und Höhengenaugkeiten als ausreichend zu betrachten (Lagegenauigkeit von 1 bis 2 cm und Höhengenaugkeiten von 2 bis 3 cm).

Anforderungen der Projektpartner an das Projekt im Rahmen der Bachelorarbeit:

Stadt Schmölln

- Anpassung des 3D-Modells an die Verwaltungsgebietsgrenze der Stadt Schmölln
- Visualisierung einer vorhandenen Bestandsvermessung (Markt) durch Integration raumbezogener Daten als Verfeinerung des Datenbestandes des Stadtmodells

- 3D Visualisierung Stadtbrunnen durch ergänzende Datenerfassung als Verfeinerung des Datenbestandes
- Erstellung und Implementierung von Texturen durch ergänzende Datenerfassung
- Erstellung ortsspezifischer 3D-Symbole
- Konstruktion der ortsbildprägenden Markttreppe
- Beispielhafte Ausgestaltung des Marktbereiches mit 3D-Symbolen
- Mehrfache Präsentation des Projektes, des 3D-Modells und des Fortschreibungskonzeptes

Stadtwerke Schmölln GmbH

- Beispielhafte 3D Modellierung einer Leitungsdokumentation durch Integration vorhandener raumbezogener Daten als Verfeinerung des Datenbestandes
- Berücksichtigung der Materialien, der Funktion und des Durchmessers der Leitungen

Wohnungsverwaltung

- Visualisierung einer geplanten Gebäudeabrissmaßnahme durch Ausschalten eines LoD2 Elementes als Fortschreibung des Datenbestandes

Vermessungsbüro Gabler GmbH

- Test SX 10 / Modellierung EFH durch ergänzende Datenerfassung und Verfeinerung der vorhandenen Datenstruktur
- Erstellung eines Lage- und Höhenplanes des Betriebsgeländes in das Stadtmodell durch ergänzende Datenerfassung
- Erstellung und Implementierung von Texturen am Betriebsgelände als Verfeinerung durch ergänzende Datenerfassung
- Visualisierung eines detaillierteren LoD3 / LoD4 Gebäudes am Firmensitz durch Detaillierung der vorhandenen Datenstruktur
- Visualisierung einer ergänzenden Bestandsvermessung (Betriebsgelände) durch Integration raumbezogener Daten zur Verfeinerung des Datenbestandes des Stadtmodells
- Qualitätsvergleich der LoD2 Daten
- Wirtschaftlichkeitsvergleich der Verfahren zur ergänzenden Datenerfassung bzw. zur Integration vorhandener Daten
- Erstellung und Implementierung von Orthofotos einer Fassade, Diskussion

Ortsansässige Schulen

- Vorstellung des Projektes vor Schülern und Lehrern
- Erläuterung und Präsentation eines Workflow zur Mitwirkung der Schüler bei der Verfeinerung und Fortschreibung des 3D-Stadtmodells
- Künftige Anforderungen der Projektbeteiligten und Schulen sind nachfolgend, nicht abschließend aufgezählt, ersichtlich:

Schulen und Projektbeteiligte	Ziele - Anforderungen / Erfordernisse
Stadt Schmölln	z.B. Stadtmarketing, Straßeninventar, Baumkataster, ... - Finanzierung Software u. Fortschreibung
Stadtwerke Schmölln GmbH	z.B. LoD4 Modell Hallenbad, 3D-Kanalkataster, ... - Bestandsunterlagen bereitstellen, Finanzierung Visual.
Wohnungsverwaltung Schmölln GmbH	z.B. Visualisierung Gebäude LoD3, Wohnungen LoD4, ... - Grundrisse bereitstellen, Finanzierung Visualisierung
Staatliche Regelschule „Am Eichberg“	z.B. im Informatikunterricht bzw. als Projektarbeiten Fassadenfotos anfertigen, entzerren, Inventar erfassen - Unterrichtsplanung anpassen, Finanzierung Software
Roman Herzog Gymnasium Schmölln	z.B. im Informatikunterricht bzw. als Seminarfacharbeiten Modellierung von Gebäuden, Georeferenzierung, Fassadenabwicklung, photogrammetrische Auswertung - Unterrichtsplanung anpassen, Finanzierung Software

Software-Service John GmbH	z.B. Referenzprojekt - Web-3D-Daten Veröffentlichung, Support, Software
Vermessungsbüro Gabler GmbH	z.B. Referenzobjekt, Ausbildungsziel - Bachelor - Bereitstellung Hardware, Implementierung neuer Daten

Tabelle 2: Anforderungen /Erfordernisse an Schulen und Projektbeteiligte

Nach der Unterzeichnung der in Anhang A beigefügten Absichtserklärung sind folgende Anforderungen in Abstimmung mit den Projektbeteiligten zu definieren:

- ergänzende Datenerfassung
 zulässige Verfahren, Genauigkeitsvorgaben, Austauschformate,
- Integration vorhandener raumbezogener Daten
 Quellen, Formate, zulässiges Alter, Genauigkeitsvorgaben,
- Hard- und Softwarekomponenten
 Anschaffung, Softwarepflege, Support
- Zugriffsregelung
- Präsentations- und Ausgabemöglichkeiten

2.2.2 Hard- und Softwarekonzept

Hardwarekonzept

- CPU: AMD oder Intel Vierkernsystem mit 3.0Ghz oder mehr
- Grafikkarte: AMD Radeon R9 380 / NVIDIA GeForce GTX 960 oder besser, 8GB Grafikspeicher, Shadermodell 3.0
- Festplattenkapazität: 10 GB freier Speicher, falls möglich: SSD
- Hauptspeicher (RAM): 32 GB

Softwarekonzept

- Betriebssystem
 - Betriebssystem: Windows 10 (64bit)
- Software: VIS-All®3D (Produktversion 4.9.0)
 - Softwarepaket: VIS-All Premium (enthält folgende Module):

VISALL-CARS2	VISALL-EXPORT- LANDXML	VISALL-MEASURE
VISALL-PLANTS4	VISALL-EXPORT-PDF	VISALL-SAVE
VISALL-3DELEMENT	VISALL-MASSEDIT	VISALL-SHADOW
VISALL-ANIMATION	VISALL-EXPORT- RAILML	VISALL-SNAP
VISALL-BASIC	VISALL-EXPORT- ROADDATA	VISALL- SUPERELEVATION
VISALL-BIGSNAP	VISALL-EXPORT- ROUTEPLOT	VISALL- INSERTELEMENTS
VISALL-COVSEL	VISALL-EXPORT- SKETCHUP	VISALL-IMPORT-SRTM
VISALL-DTM	VISALL-EXPORT- VRML	VISALL-IMPORT- SKETCHUP
VISALL-EDIT	VISALL-EXPORT- OKSTRA	VISALL-IMPORT-SHAPE
VISALL-EDIT- SKETCHUP	VISALL-FULLSCREEN	VISALL-IMPORT- ROADDATA
VISALL-EXPORT- CITYGML	VISALL-GROUP	VISALL-IMPORT- RASTERDATA
VISALL-EXPORT- DIREKTX	VISALL-IMPORT- ARCGIS	VISALL-IMPORT- RAILML
VISALL-EXPORT-DXF	VISALL-IMPORT- ASSET	VISALL-IMPORT- GEOGRAF
VISALL-EXPORT- GEOGRAF	VISALL-IMPORT- CITYGML	VISALL-IMPORT-DXF
VISALL-EXPORT- GOOGLE	VISALL-FITTOFOTO	VISALL- TEXTUREEDITOR
VISALL-TEXTURING	VISALL-TRAFFIC- SIGNS	VISALL-VIDEO
VISALL-VIEWPOINT	VISALL-WEATHER	VISALL- XSYMBOLIMPORTER

Tabelle 3: VIS-All 3D – Module

- Weitere Software- Produkte:

SketchUp Pro	TBC (Trimble Business Center)	Trimble Access 2017
IrfanView (Opensource)	GIMP 2 (Opensource)	Google Earth Pro (Opensource)
GEOgraf	AutoCAD 2018	LupoScan Pro

Tabelle 4: Weitere Software-Produkte

2.2.3 Fortschreibungskonzept

Das Fortschreibungskonzept berücksichtigt insbesondere Schülerprojekte, in denen einzelne Objekte auf der Grundlage der vorhandenen Daten in Ihren Strukturen detaillierter dargestellt bzw. bei Veränderungen fortgeschrieben werden sollen.

Die Grundlage für das Fortschreibungskonzept bildet das 3D Ausgangsmodell mit dem, den Ausgangsdaten geschuldetem, geringem Detaillierungsgrad.

Bei der Fortschreibung sind die Erfordernisse und Anforderungen des Anforderungskonzeptes sowie des Hard- und Softwarekonzeptes entsprechend zu berücksichtigen.

Eine Schulung und Einweisung der Informatiklehrer erfolgt im Rahmen dieser Bachelorarbeit.

Die von den ortsansässigen Schulen, in Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung sowie der Vermessungsbüro Gabler GmbH, organisierten Schülerprojekte beinhalten, nicht abschließend aufgezählt:

Fassadenfotos anfertigen u. entzerren	Import der Texturen durch Vermessungsbüro
SketchUp 3D Modellierung	Import LOD3 Gebäude durch Vermessungsbüro
Erfassen von abgerissenen Gebäuden	Entfernen der Gebäude durch Vermessungsbüro
Straßeninventar erfassen, einmessen	Implementierung durch Vermessungsbüro
Bäume erfassen, nach Art und Höhe einmessen	Implementierung durch Vermessungsbüro
Veränderungen dokumentieren	Verarbeitung im Vermessungsbüro

Tabelle 5: Fortschreibung

Die Fortschreibung oder Verfeinerung durch die Stadtverwaltung Schmölln wird nach Bedarf abgerufen. Empfehlenswert ist eine detaillierte Darstellung der öffentlichen Gebäude und der Museen sowie der Wahrzeichen.

Die Fortschreibung durch die Projektpartner erfolgt ebenfalls nach deren Möglichkeiten.

Interessierte Bürger, Firmeninhaber, Eigentümer, Gastronomen usw. können an der Ausgestaltung unter Beachtung der Qualitätsrichtlinien mitwirken. Die eingereichten Daten werden vor der Implementierung regelmäßig durch die Vermessungsbüro Gabler GmbH verifiziert.

2.3 Workflow

Für die weitere Verfeinerung und Fortschreibung des 3D-Stadtmodells ist geplant, dass Projekt an Schulen, im Rahmen von Projekt- und Seminarfacharbeiten, weiter zu führen. Für die Schüler wurde der folgende Workflow entwickelt.

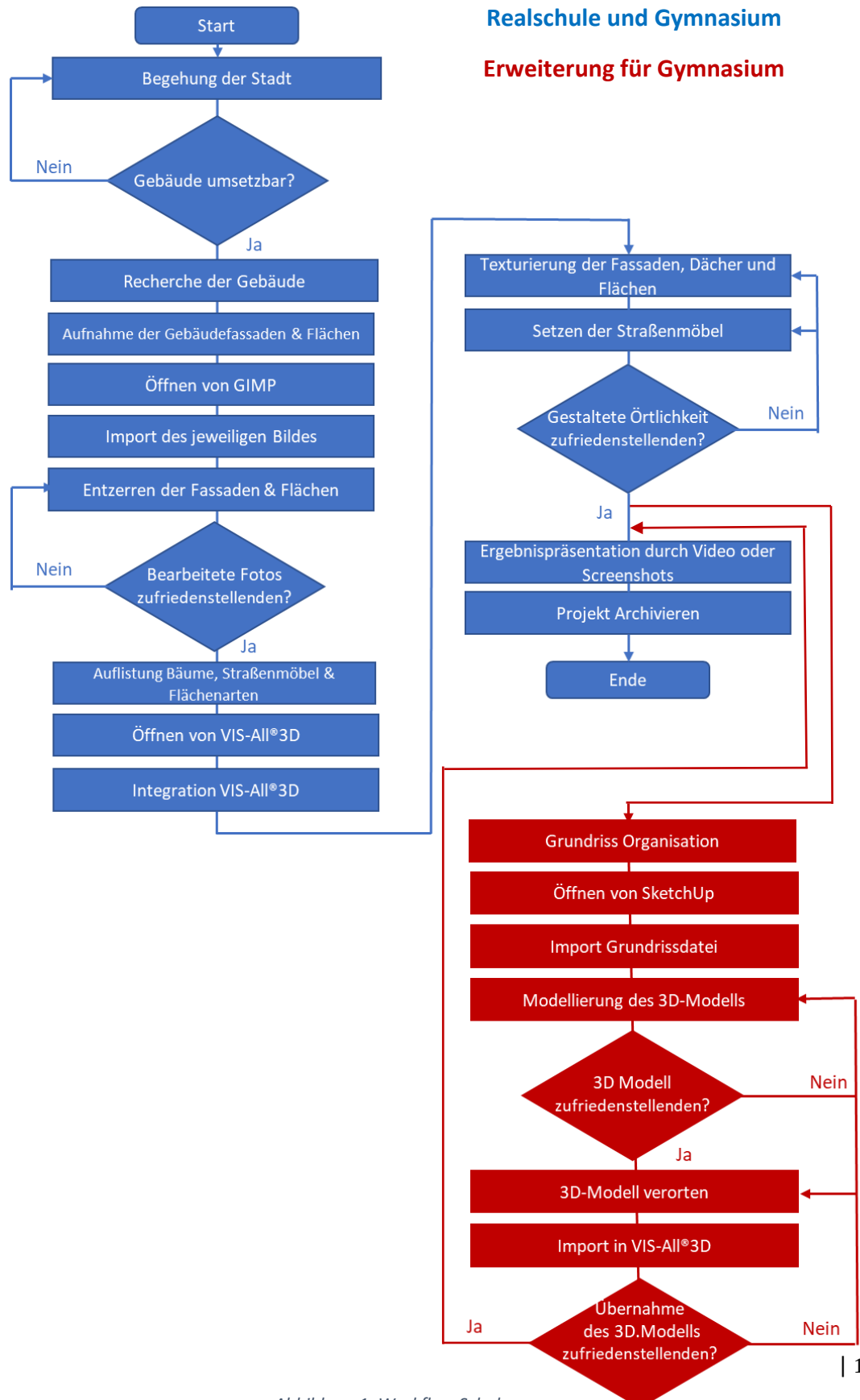


Abbildung 1: Workflow Schulen

3. Die Visualisierungssoftware VIS-All® 3D

In diesem Kapitel wird neben einer Softwareanalyse die Firma Software-Service John GmbH vorgestellt und deren Produkt VIS-All® 3D beschrieben sowie Anwendungsgebiete vorgestellt.

3.1 Das Entwicklerteam

Herr Dipl.-Ing. Dirk-Hendrik John hat die Firma Software-Service John im November 1993 in Ilmenau gegründet und ist seitdem Geschäftsführer des Unternehmens. Die Geschäftsstelle befindet sich auch heute noch in Ilmenau. Angefangen als Einmannbetrieb wurde die Firma am 01.01.2010 in eine GmbH überführt und beschäftigt mittlerweile ein Team von 15 Angestellten. Die Angestellten haben fachspezifische Abschlüsse und Berufserfahrung auf den Gebieten Geodäsie, Bauwesen und Informatik.

In der Anfangszeit entwickelte die Firma Software-Service John Software-Schnittstellen für den möglichst verlust- und fehlerfreien Datentransfer zwischen verschiedenen CAD und GIS Anwendungen im Bereich der Geodäsie. Im Laufe der Zeit wurden weitere eigene innovative Softwarelösungen wie eine SQD-Kontrolle zur Fehleranalyse von SQD-Daten und das hier angewandte Softwareprodukt „VIS-All® 3D“ zur Visualisierung dreidimensionaler Daten entwickelt. Des Weiteren werden Programme und Dienstleistungen für spezielle Anwendungen angeboten und stets weiterentwickelt und optimiert.

Dienstleistungen, Programmsysteme und Softwarelösungen der Software-Service John GmbH werden unter anderem von Ingenieur- und Vermessungsbüros, Ämtern, Behörden, Ministerien des Bundes bzw. der Länder sowie Universitäten und Hochschulen in Anspruch genommen.

3.2 VIS-All® 3D

VIS-All® 3D ist ein eigenständiges Softwareprodukt zur interaktiven 3D -Visualisierung von CAD- und GIS- Daten. Aus Punkten und Vektordaten, wie Polylinien und Polygonen, die auch als 2D-Struktur vorliegen können, werden beim Import nach „VIS-All® 3D“ als 3D Modelle (räumlich dargestellte Körper) generiert und stehen im Anschluss als interaktives 3D-Projekt zur weiteren Nutzung bzw. zum Datenexport zur Verfügung. Ein Alleinstellungsmerkmal ist insbesondere die integrierte COM-Schnittstelle, auf die in Kapitel 3.3 genauer eingegangen wird. Hervorzuheben ist hierbei die direkte Ankopplung an bestehende CAD- und GIS-Systeme, die den unkomplizierten und schnellen Datenexport nach VIS-All® 3D ermöglichen.

So werden, wie auch in dem hier beschriebenen Stadtmodell ersichtlich, durch den mitgelieferten 3D-Symbolkatalog, aus Punkten Schächte, Schilder, Bäume und andere topographische Gegenstände, aus Polylinien Geländer, Leitungen, Zäune und aus Polygonen Flächen wie Wege, Straßen, Stellplätze, Mauern und Treppen. Weitere, noch nicht vorhandene Texturen oder 3D-Objekte, können erzeugt und dem 3D-Symbolkatalog hinzugefügt werden.

Der Benutzer hat diverse Möglichkeiten, das erzeugte 3D-Projekt optisch aufzubereiten und verschiedenste Ansichten und Visualisierungen, durch die im Programm enthaltenen Visualisierungs-, Simulations-, und Planungsoptionen, darzustellen. Zur fotorealistischen Visualisierung können Flächen und Gebäude mit Texturen belegt, 3D-Elemente skaliert und frei hinzugefügt werden. Im Ergebnis können die verschiedensten planungsrelevanten Ansichten, durch Zu- und Abschalten von Gruppen, in einer fotorealistischen 3D-Szene visualisiert werden. So können durch das Ein- und Ausblenden jeweils wichtiger- bzw. unwichtiger 3D-Elemente, individuelle Planungsszenarien und Ansichten erstellt werden.

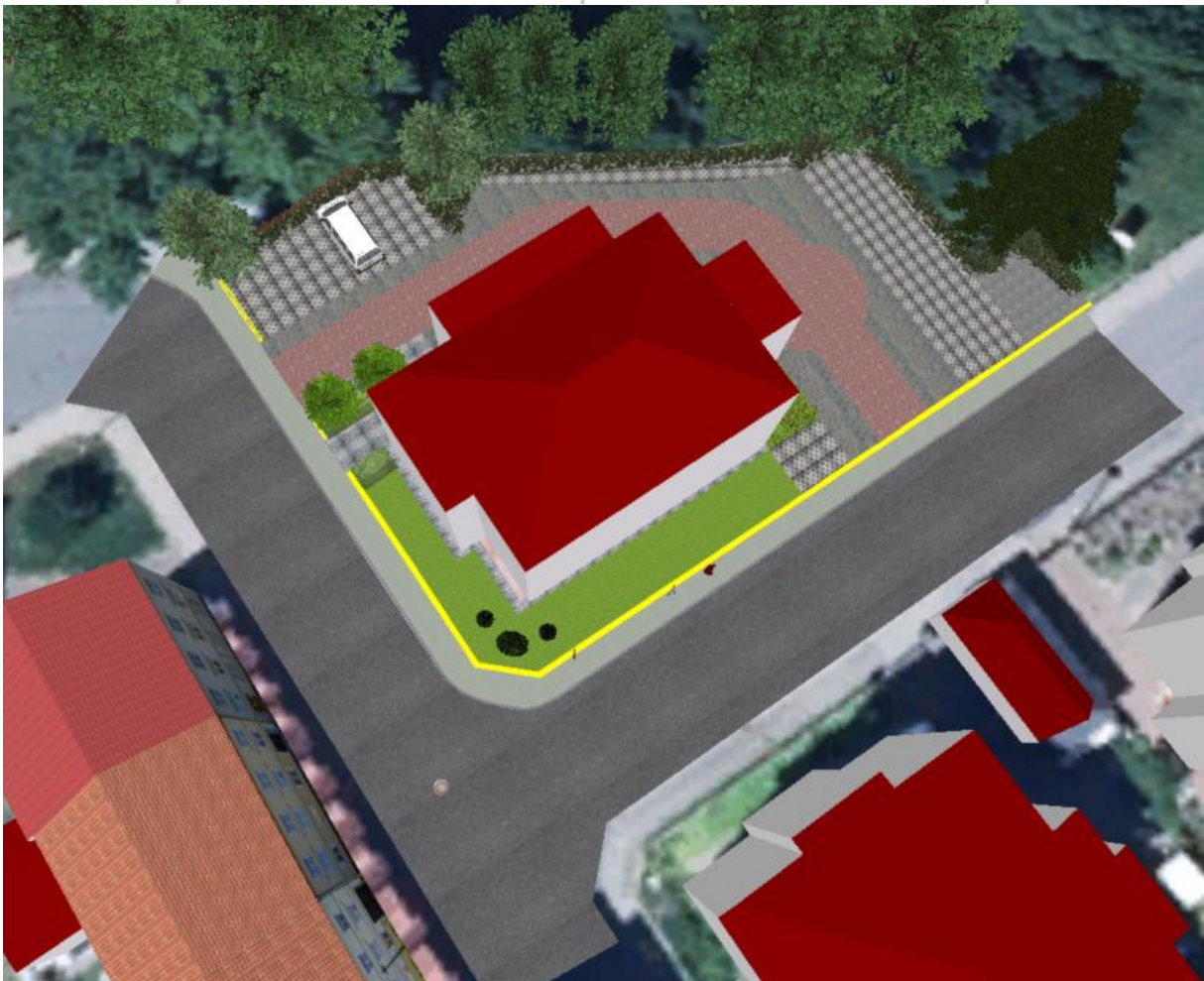


Abbildung 2: Von 2D in 3D (Eigene Darstellung 2018)

Die verschiedenen Simulationsmöglichkeiten ermöglichen eine eindrucksvolle Realitätsnähe. So lassen sich durch Schattenwurf und Wetteroptionen nahezu alle erdenklichen Umweltbedingungen simulieren. Es können problemlos Umweltbedingungen, wie Lichteinfall und Schattenwurf, in die dreidimensionale Planung integriert werden. Benutzt man den Aspekt der Zeit, z.B. im Verlauf des wandernden Schattenwurfs über einen Tag, erhält man eine 4D-Animation. Die Zeitskala in VIS-All® 3D stellt einen 24- Stunden-Zyklus dar, der einen Tagesablauf simuliert. Analysiert der Nutzer in einem dreidimensionalen Modell die verschiedenen Schattenwürfe, so werden diese mittels einer Zeitachse definiert.

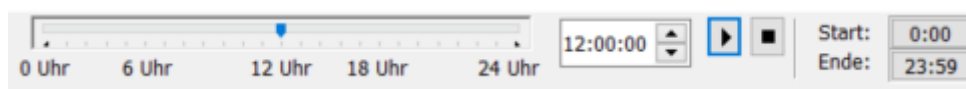


Abbildung 3: Zeitskala VIS -All® 3D (Eigene Darstellung 2018)

Animationen und technische Analysemöglichkeiten bietet die Software durch Einbeziehung von Steuerskripten. Diese sogenannten Plug-ins sorgen dafür, dass sich Windräder drehen, Flugzeuge fliegen, Autos fahren und Menschen laufen. Durch den Einsatz dieser animierten Symbole wird das gesamte Darstellungsszenario realistischer. Auch komplexere Animationen, wie Vegetationswachstums- und Hochwassersimulationen, können so für eine bessere Analyse der Auswirkungen in der Örtlichkeit simuliert werden.

Software-Service John ist autorisierter Händler für das Softwareprogramm SketchUp. Durch die gegenseitige Integration der 3D-Modelle ist der Datenaustausch sehr einfach. So können die aus dem eingelesenen CityGML stammenden Gebäudeklötzchen detaillierter modelliert werden.



Abbildung 4: Bürogebäude SketchUp (Eigene Darstellung 2018)

3.3 Anwendungsgebiete

Die Anwendungsgebiete für ein mit VIS-All®3D erzeugtes Stadtmodell sind sehr vielseitig.

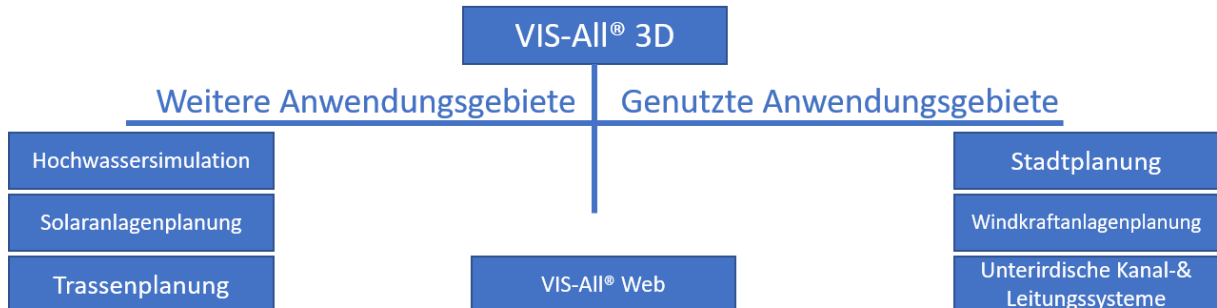


Abbildung 5: Genutzte und weitere Anwendungen von VIS-All®3D (Eigene Darstellung 2018)

3.3.1 Stadtplanung

Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Stadtplanung. Durch das Visualisieren von Planungsvarianten, verschiedensten Sichtachsen und einer texturierten 3D- Ausgestaltung der Umgebung wird die Akzeptanz und die Verständlichkeit bei der Bevölkerung erhöht. Mit dem integrierten 3D-Symbolkatalog können unter anderem Bäume und Straßenmöbel im Modell gesetzt oder automatisch generiert werden. Auch Architektenmodelle geplanter Neubauten lassen sich über diverse Schnittstellen integrieren. Dies ermöglicht beispielsweise bei der Visualisierung innerstädtischer Lückenbebauungen oder neu ausgewiesener Baugebiete, die Auswirkungen der Neubauten auf die Umgebung darzustellen. Gerade der im Schmöllner Stadtgebiet geplante Rückbau von Infrastruktur und Gebäuden (Stadtumbau Ost) kann aussagekräftig visualisiert werden.



Abbildung 6: Stadtgebiet (Eigene Darstellung 2018)

3.3.2 Windkraftanlagen

Im Bereich der Windkraftanlagenplanung gibt es ein erhebliches Konfrontationspotenzial, da die Anlagen einen großen Einfluss auf die gewohnte Umgebung der ortsansässigen Bevölkerung ausüben. Durch Visualisierung der realistischen Schattenwurfsimulation zu jeder beliebigen Tages- und Jahreszeit kann aufgezeigt werden, welche Auswirkungen die geplanten Anlagen optisch auf das Landschaftsbild haben und ob der Schlagschattenwurf Einfluss auf die Wohnqualität hat. In unmittelbarer Nachbarschaft zu den im Modell visualisierten bestehenden Windkraftanlagen im Ortsteil Nitzschka (Abbildung 7), sollen weitere, wesentlich größere Anlage errichtet werden.

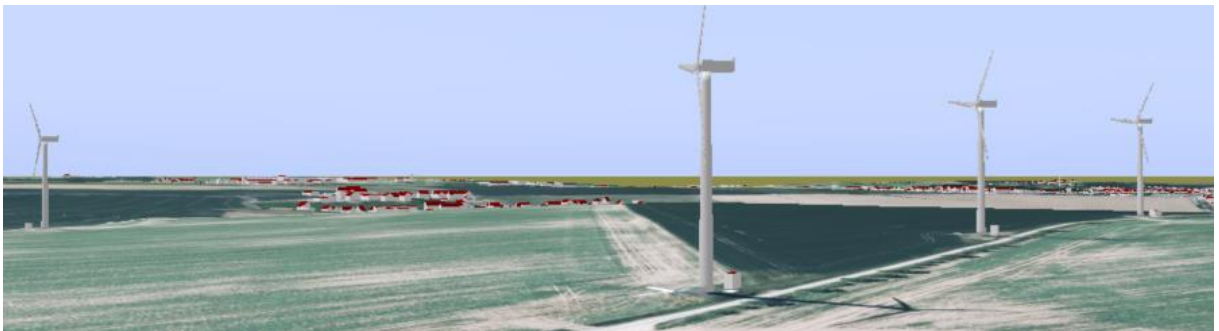


Abbildung 7: Windkraftanlagen (Eigene Darstellung 2018)

3.3.3 Unterirdische Kanal- und Leitungssysteme

Mit VIS-All® 3D können Objekte nicht nur über, sondern auch unter die Erdoberfläche visualisiert werden. So werden die Gegebenheiten des unterirdischen Bauraums sichtbar. Der Leitungsbestand wird, wie auf dem Schmöllner Markt beispielhaft visualisiert, dreidimensional dargestellt.

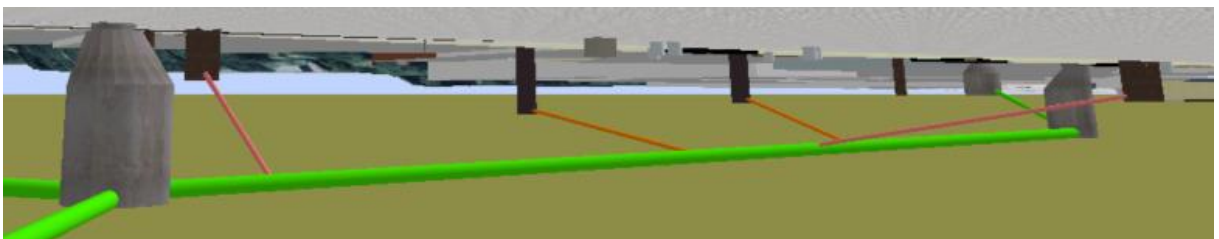


Abbildung 8: Kanalsystem Markt (Eigene Darstellung 2018)

3.3.4 Weitere Anwendungsgebiete

Mittels VIS-All® 3D können Laserscandaten aus CAD-Programmen oder Programmen zur Punktwolkenverarbeitung visualisiert und in die 3D- Umgebung implementiert werden. So können komplette Meshes inklusive Texturen, gescannter Objekte, direkt nach VIS-All® 3D übergeben werden. Der Nutzer kann höchst komplexe Objekte, wie beispielsweise den Schmöllner Stadtbrunnen, in die dreidimensionale Umgebung setzen und somit für eine noch realistischere Darstellung sorgen.



Abbildung 9: Brunnenmodel (Eigene Darstellung 2018)

Ein weiterer wichtiger Analyseaspekt ist die Hochwassersimulation. Um dies anschaulich im Projekt zu visualisieren, wird eine Wasserfläche mit einer Höhe bei konstantem Wasserstand erzeugt. Nun kann der Nutzer eine Hochwassersimulation durchführen, in dem diese Flächen rechnerisch angehoben werden. Durch Integration von Gebäudemodellen und einem DGM lässt sich das Ausmaß der Überschwemmung analysieren.

Für Solaranlagen ist eine Schattenanalyse sowohl möglich als auch sinnvoll, um das Energiepotenzial der Anlagen optimal abschätzen zu können. Die Simulation der Schattenverläufe durch Vegetation und Vegetationswachstum sowie der neu geplanten oder angrenzenden Gebäude lässt eine bessere Beurteilung des geplanten Standorts zu.

Ein weiteres innovatives Modul des Softwareproduktes VIS-All® 3D ist die integrierte Trassenplanung.

Bei einer Straßen- oder Schienenplanung kann man verschiedene Trassenvarianten entwickeln, visualisieren und analysieren. Die optische Kontrolle des Trassenverlaufs ist zu jeder Zeit aus Fahrer- und jeglicher weiterer Sicht möglich.

Mit VIS-All®- Web eröffnet sich ein ganz neuer Bereich für die Präsentation von 3D-Projekten. Dieser Zugang ist wichtig für Projekte des öffentlichen Interesses. Der Nutzer sendet hierzu sein erstelltes Projekt in die VIS-All®-Cloud. Im Ergebnis, nach einer Anpassung, kann das Projekt von jedem internetfähigen Endgerät eingesehen werden.

3.4 Anforderungsanalyse

Bei dieser Anforderungsanalyse werden die für das Projekt notwendigen Programmfunktionalitäten des Programmsystems VIS-All®3D aufgezeigt. Dieses Programm kommt gegebenenfalls in verschiedenen Bereichen, bei verschiedenen Nutzern, zur Anwendung. Jeder Anwenderfall benötigt verschiedene Funktionalitäten und Schnittstellen. Zuerst ist zu klären, welche Module für das Projekt erforderlich sind. Die Entwickler bieten 3 Ausstattungspakete an:

- VIS-All® Standard
- VIS-All® Professional
- VIS-All® Premium

Des Weiteren werden Module zur 3D-Trassenplanung Straße und Schiene sowie Support- und Wartung angeboten.

Da nur in dem Ausstattungspaket „VIS-All® Premium“ der Import von City GML Daten möglich ist, kommen die beiden anderen Ausstattungspakete für das Projekt nicht infrage. Ebenfalls nicht benötigt werden die Module der 3D-Trassenplanung.

Die Anforderungen an die „Portabilität“ der Daten sind abgedeckt. Das Programmsystem VIS-All® 3D verfügt über eine Vielzahl von Schnittstellen. Für den Datenimport und den Datenexport, um die Datenübertragung zu vereinfachen, arbeitet VIS-All® 3D hierbei mit offen gelegten COM-Schnittstellen. Die Kommunikation zwischen den Programmen erfolgt dabei über das COM-Interface. Durch dieses Prinzip ist es möglich, VIS-All® 3D an fast allen etablierten CAD- und GI-Systemen anzudocken.

Die an das System gestellten, nachfolgend aufgezählten, Anforderungen sind im Premiumpaket enthalten. Dazu gehören, nicht abschließend aufgezählt:

- Darstellung von 3D-Gebäuden, 3D-Flächen
- freie Navigation, Navigation in Augpunkthöhe
- 3D-Symbolbibliothek, Darstellung von 3D- Symbolen
- Texturierung von Flächen, Gebäuden
- Erstellung von Filmen und Bildern
- Berechnung von Schatten, Animation von Flächen

3.5 Zusammenfassung

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Firma Software-Service John mit dem Programm VIS-All® 3D ein gelungenes Produkt zur 3D-Visualisierung, der aus CAD- und GIS- Programmsystemen stammenden vektoriellen Daten, geschaffen hat. Gerade die einfache Datenübertragung macht die Software VIS-All® 3D besonders. Durch den Loader und die Anbindung an eine COM-Schnittstelle ist VIS-All® offen für eine breit gefächerte Zielgruppe von Nutzern, die CAD- oder GIS- Programme verwenden und ihre Daten ohne großen Aufwand dreidimensional darstellen wollen.

Die Kombinationsmöglichkeit der unterschiedlichsten Daten aus verschiedensten Quellen, wie beispielsweise DGM, Orthofoto, CityGML, SketchUp, Bestandsplan, Kanalplan, Scan und selbst aufgenommene Texturen erleichtern das Ziel, ein 3D-Modell mit geringen Detaillierungsgrad mittelfristig zu verfeinern und zu vervollständigen.

Des Weiteren könnten alle in VIS-All®3D verfügbaren Symboltypen ohne Raumbezug frei eingefügt werden. Dies sollte, wie auch in dieser Bachelorarbeit berücksichtigt, aus Genauigkeitsgründen allerdings auf bewegliche Parkbänke, Wandschilder und -lampen, Fahrzeuge, und Elemente zur Ausgestaltung begrenzt werden. (Abbildung 10)



Abbildung 10: Ausgestaltungselemente in VIS-All®3D (Eigene Darstellung 2018)

4. „Offene Geodaten“ Thüringen

Am 9. Februar 2016 wurde das Landesprogramm „Offene Geodaten“ vom Thüringer Kabinett beschlossen. Diese Daten können, wie nachfolgend näher beschrieben, auf der Webseite unter der einheitlichen offenen Lizenz „Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0“ (siehe Anhang F) zur freien Weiterverwendung recherchiert und kostenfrei heruntergeladen werden.

Auf der Startseite des Geoportals Thüringen (siehe Anhang G) befindet sich im unteren Bereich eine Schnellsuche- Funktion in Form einer interaktiven Karte. Dieser Karte liegt das *Web Map Service* System zugrunde. Der Nutzer kann hier Adressen und Orte suchen und verschiedene Layer ein- oder ausblenden. Für die Suche nach den „Offenen Geodaten“ folgt der Nutzer auf der Startseite dem Button *Downloadbereiche* (siehe Anhang G). Hier erhält der Nutzer weitere Informationen mit deren Verlinkung zu häufig gestellten Fragen, Videos zur Veranschaulichung und Hilfen zu den Schnittstellen. Im rechten Bereich kann der Nutzer die sieben Verlinkungen zu den Hauptschnittstellen der Webseite finden. Der Nutzer folgt dem Button *Offene Geodaten* und wird direkt in den Bereich *Download Offene Geodaten* weitergeleitet (siehe Anhang G). Wie der Nutzer hier erkennen kann, ist die Seite in fünf Bereiche aufgeteilt. Bereich Eins ist der Informationsbereich und enthält drei Links. Der erste Link führt zu dem Landesprogramm „Offene Geodaten“, der Zweite zu einer Broschüre über „Geodaten in Thüringen“ und der Dritte führt zu der Lizenzbestimmung für die Geodaten (siehe Anhang F). Die weiteren Bereiche werden in Abbildung 11 schematisch aufgeteilt und aufgezeigt.



Abbildung 11: Übersicht „Offene Geodaten“ Thüringen (angelehnt an Geoportal-Thüringen 2018)

Der Nutzer kann an dieser Stelle entscheiden, welche Daten er sichten oder für sich beanspruchen will. Die Webseite ist benutzerfreundlich gestaltet. Es wurde Wert darauf gelegt, dass die „Offenen Geodaten“ für jedermann leicht zugänglich, kostenfrei, vollständig und dauerhaft zur Verfügung stehen. Die Kriterien sind auf der Webseite ersichtlich.

Die folgenden Unterkapitel zeigen, welche Geodaten für den Aufbau des 3D- Stadtmodells genutzt wurden, wie diese Daten beschafft und wie sie weiterverarbeitet wurden.

4.1 Digitale Luftbilder und Orthophotos

Digitale Luftbilder und Orthophotos werden im Landesprogramm „Offene Geodaten“ kostenfrei angeboten. Die *digitalen Luftbilder* liegen in Form von historischen Luftbildern vor. Diese werden für die Bearbeitung nicht gebraucht und somit für das weitere Vorgehen nicht beachtet. Das Augenmerk liegt hierbei auf den angebotenen digitalen Orthofotos. Die digitalen Orthofotos sind georeferenzierte Rasterdaten aus Luftbildern. Sie zeigen eine maßstabsgetreue und verzerrungsfreie Abbildung der Erdoberfläche. Die Orthofotos sollen für eine realistischere Wirkung der Geländeoberfläche des 3D-Modells sorgen.

4.1.1 Download

Folgt der Nutzer dem Link *Digitale Luftbilder und Orthophotos*, wird er zum Downloadbereich weitergeleitet. In diesem Bereich wird über *Ortssuche* der gewünschte Bereich eingegrenzt. Somit werden die Eigenschaften des gewählten Orthofotos aufgerufen und der Download bestätigt.

Um den ausgewählten Bereich vollkommen abzudecken, wurden insgesamt 20 Orthofotos heruntergeladen.

4.1.2 Bearbeitung

Für jedes einzelne Orthofoto wird ein komprimierter Ordner heruntergeladen. Dieser Ordner enthält das Orthofoto als TIF-Datei, eine TFW-Datei für die Geocodierungsinformationen des digitalen Orthofotos und eine Meta-Datei für die Eigenschaften des Orthofotos. Eine Tabelle zur Erklärung der 6 Zeilen der TFW-Datei am Beispiel des Orthofotos (32734-5642) ist in Anhang H ersichtlich. Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Orthofotos eine Bodenauflösung von 40 cm aufweisen. In der mitgelieferten Meta-Datei wurde für die Lagegenauigkeit der Orthofotos eine Standardabweichung von 40 cm angegeben (siehe Anhang H).

Durch wiederholten Abbruch bei dem Import in VIS-All@3D (Kapitel 6.1.2) war es notwendig, die Datenmenge zu reduzieren. Hierfür wurde InfranView als Bildbearbeitungsprogramm gewählt. Für die Reduzierung der Dateigröße war es ausreichend, die Farbtiefe des Orthofotos auf 256 Farben zu reduzieren. Nachdem alle 20 Orthofotos analysiert und in ihrer Bildtiefe reduziert wurden, standen sie für die Weiterverarbeitung bereit.

4.2 Höhendaten

Als Höhendaten werden im Landesprogramm „Offene Geodaten“ digitale Oberflächenmodelle (DOM), Airborne Laserscandaten (LAZ) und digitale Geländemodelle (DGM) angeboten. Aus den LAZ-Daten werden die digitalen Gelände- und Oberflächenmodellen generiert. Das DGM repräsentiert eine Geländeoberfläche anhand von dreidimensionalen Koordinaten (Bodenpunkten). Der Datenbestand der LAZ- und DOM-Daten wird für die weitere Verarbeitung nicht benötigt und aus diesem Grund nicht weiter beschrieben. Das DGM wurde zur Simulation der Erdoberfläche gewählt. Durch die Verwendung des digitalen Geländemodells als Modelloberfläche wird aus der 3D-Umgebung eine realistische und authentische Landschaftssimulation.

4.2.1 Download

Im Bereich *Download Offene Geodaten* folgt der Nutzer dem Link *Höhendaten* und wird zum Downloadbereich weitergeleitet. In diesem wird, wie bereits in Kapitel 4.1.1 beschrieben, über *Ortssuche* der gewünschte Bereich eingegrenzt. Die Eigenschaften werden aufgerufen und der Download bestätigt. Um den geplanten Bereich vollkommen darzustellen, wurden insgesamt 65 DGM-Kacheln heruntergeladen. Es wurde der derzeitige Bestand an DGM2 – Kacheln gewählt. Die DGM2-Klassifikation besagt eine Rasterweite von 2 Meter (siehe Anhang J). Für jede einzelne DGM-Kachel wurde ein komprimierter Ordner heruntergeladen. In dem jeweiligen Ordner ist das digitale Geländemodell als XYZ-Datei und eine META-Datei mit den Eigenschaften enthalten.

4.2.2 Bearbeitung

Während der Bearbeitung ist bei Test-Importen der DGM2-Kacheln in die Zielsoftware VIS-All®3D aufgefallen, dass erhebliche Hardwareprobleme auftraten. Dieses Problem wurde bei einem Test festgestellt, als erst 15 Kacheln eingeladen waren und das System immer mehr Rechenleistung beanspruchte. Dabei wurde deutlich, dass die 64 DGM2-Kacheln mit 16 Millionen Punkten für die verfügbare Hardware zu viel Rechenleistung beanspruchen.

4.2.2.1 DGM2 / DGM25

Aufgrund der verfügbaren Hardwareressourcen wurde entschieden, nur für die Bereiche im Modell, in denen noch eine Verfeinerung der Geländeoberfläche durch gemessene- bzw. übernommene Geodaten geplant ist, DGM2 Kacheln zu verwenden. Für alle weiteren Kacheln wurde entschieden, die Klassifikation DGM25 weiterzuverarbeiten. Diese Kacheln verfügen nur über einen geringen Detaillierungsgrad und werden nur zur Visualisierung der Kacheln außerhalb der Bearbeitungsgebiete Markt, Bürogelände und Wohnhaus eingesetzt.

4.2.2.2 Zuschnitt der Verwaltungsgebietsgrenze

Um die Verwaltungsgebietsgrenze zu visualisieren, mussten die betroffenen Kacheln bearbeitet werden. Hierfür wurde aus dem amtlichen Liegenschaftskataster der Gebietsumring generiert und als DXF-Datei bereitgestellt. Die DGM-Kacheln haben jeweils ein Ausmaß von einem Quadratkilometer; die Bearbeitung der DGM-Kacheln wurde mit dem Programm GEOgraf durchgeführt. Zur Veranschaulichung wurden, wie in Abbildung 12 ersichtlich, alle 64 DGM25- Kacheln und der Gebietsumring in GEOgraf eingeladen.

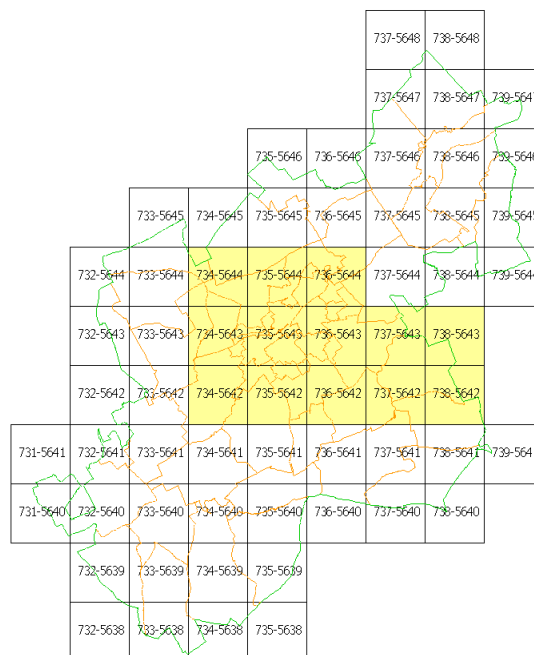


Abbildung 12: Gebietsumring mit allen DGM25-Kacheln (Eigene Darstellung 2018)

- LoD4 baut auf LoD3 auf und schließt die Modellierung von Innenräumen von Gebäuden ein (inkl. Räume, Mobiliar und feste Installationen, wie Treppen und Säulen).(Kolb et al. 2008, S.3)

Von der Landesverwaltung werden ausschließlich LoD1- und LoD2-Datensätze bereitgestellt. In Kapitel 5.2.4 wird zur Verfeinerung des 3D-Stadtmodells die Modellierung eines Gebäudes in LoD3 Klassifikation aufgezeigt.

4.3.1 Download

Für den Download der Gebäudedaten wird im Bereich Download „Offene Geodaten“ der Link *3D Gebäudedaten* ausgewählt. In diesem wird über *Ortssuche* der gewünschte Bereich eingegrenzt. Die Details zu der gewählten Kachel werden aufgerufen. An dieser Stelle kann entschieden werden, ob die Gebäude im LoD1 oder LoD2 Format heruntergeladen werden sollen. Die Entscheidung fiel, wie in der Anforderungsanalyse (Kapitel 2.2.1) beschrieben, auf das detailliertere Format LoD2. Um das gesamte Bearbeitungsgebiet mit jedem einzelnen Gebäude darzustellen, wurden insgesamt 22 Gebäudedatenkacheln in der LoD2-Klassifikation heruntergeladen. Jede einzelne der 3D-Gebäudedatenkacheln wird in einem komprimierten Ordner heruntergeladen. In den jeweiligen Ordnern sind die 3D LoD2 Gebäudemodelle als CityGML-Datei und eine TXT-Datei mit den Eigenschaften enthalten. Aus den Eigenschaften wird ersichtlich, dass 13022 3D-Gebäudemodelle zur Weiterverarbeitung bereitstehen.

4.3.2 Bearbeitung

Da bei den Gebäudedaten, wie auch bei dem digitalen Geländemodell (Kapitel 4.2.2.2), die Kacheln über den Gebietsrand ragen, ist das Löschen dieser LoD2 Objekte, die außerhalb des Bearbeitungsgebietes liegen, erforderlich. Dies geschieht, wie in Kapitel 6.1.3 beschrieben, erst nach dem Import der Daten in das Zielsystem VIS-All@3D.

Insgesamt wurden so, durch die Bearbeitung der CityGML Daten, ca. 2220 LoD2-Objekte aus dem Datenbestand entfernt.

4.3.3 AdV- CityGML für 3D Gebäudemodelle

Die Arbeitsgemeinschaft der deutschen Vermessungsverwaltungen (AdV) hatte sich 2010 verpflichtet, ab 2013 3D-Gebäudemodelle als sogenannte Block- bzw. Klötzchenmodelle (Realisierungsstufe LoD1) für die Nutzer in Verwaltung und Wirtschaft bereitzustellen.

Mittelfristig sollten die Daten auch in der Realisierungsstufe LoD2 (Blockmodell bzw. Klötzchenmodell mit Dachformen) bundesweit zur Verfügung stehen (TLVermGeo et. al, 2018, Gebäudemodell).

„Im Datenbestand der 3D-Gebäudemodelle mit dem „Level of Detail 1“ (LoD1) werden knapp 53 Mio. oberirdische Gebäude ohne Berücksichtigung der tatsächlichen Dachform in Form eines einfachen Klötzchens mit Flachdach repräsentiert. Der Gebäudegrundriss wird in der Regel der amtlichen Liegenschaftskarte entnommen. Die Lagegenauigkeit entspricht der des zugrunde liegenden Hausumrings.“(AdV-Webseite, 3D-Gebäudemodelle-LoD, 2018)

Für das Bundesland Thüringen sind laut dem Geoportal-Thüringen mittlerweile LoD1- und LoD2-Daten landesweit und flächendeckend vollständig vorhanden (Geoprotal-TH et. al, 2018, Download 3D Gebäude).

4.3.3.1 Beispieldatensatz / LoD2

Um die Entstehung der „Klötzchen“ besser zu verstehen, wird anhand eines Beispielauszugs aus der CityGML-Datei repräsentativ aufgezeigt, woher die wichtigsten Werte stammen. Hierfür werden die Metadaten der „City Geography Markup Language-Datei“, kurz CityGML-Datei, nachfolgend näher erläutert. Außerdem werden neben Geometrie auch Semantik und Topologie der einzelnen Objekte beschrieben. Um Aussagen über den Herstellungsprozess und die Herkunftsangaben treffen zu können, werden die unter AdV-CityGML-Profilen für 3D-Gebäudemodelle beschriebenen Qualitätsangaben genutzt (AdV et al. 2011,S.6f).

Die Metadaten zum Datensatz enthalten:

- Datenquelle Dachhöhe: beschreibt das Verfahren zur Ermittlung der Gebäudehöhe.
- Datenquelle Lage: beschreibt das Verfahren und die Quelldaten für die lagemäßige Festlegung.
- Datenquelle Bodenhöhe: beschreibt das Verfahren und die zugrunde liegenden Daten zur Ermittlung der absoluten Bodenhöhe.
- Bezugspunkt „rooftype“: beschreibt den Bezugspunkt einer vom Flachdach abweichenden Dachform. (AdV,2011,S.13)

Für die Analyse eines Beispieldatensatzes wurde ein LoD2 Gebäude aus der Kachel „LoD2_738_5640_2_TH“ genutzt. Der Kachelname beinhaltet den „Level of Detail“, die Lage und das Bundesland.

```

<gen:stringAttribute name="DatenquelleDachhoehe">
  <gen:value>1000</gen:value>
</gen:stringAttribute>
<gen:stringAttribute name="DatenquelleLage">
  <gen:value>1000</gen:value>
</gen:stringAttribute>
<gen:stringAttribute name="Gemeindeschluessel">
  <gen:value>16077039</gen:value>
</gen:stringAttribute>
<gen:stringAttribute name="DatenquelleBodenhoehe">
  <gen:value>1200</gen:value>
</gen:stringAttribute>
<bldg:function>31001_9998</bldg:function>
<bldg:roofType>1000</bldg:roofType>

```

Abbildung 14: Qualitätsangaben aus der CityGML-Datei

In der Abbildung 14 sind die nachfolgend näher beschriebenen Qualitätsangaben ersichtlich:

- „DatenquelleDachhoehe“ (Grün) beschreibt das Verfahren, mit der die Höhe des Gebäudes bestimmt wurde. Der Wert 1000 bedeutet, die Höhe wurde aus Laserscandaten abgeleitet.
- „DatenquelleLage“ (Blau) beschreibt die lagemäßige Festlegung der Lod2-Objekte. Der Wert 1000 bedeutet in diesem Fall, dass die Lage der Objekte aus dem Liegenschaftskataster abgeleitet wurde.
- „DatenquelleBodenhoehe“ (Rot) beschreibt, mit welcher DGM-Klassifikation und damit verbunden mit welcher Genauigkeit die Bodenhöhe ermittelt wurde. In diesem Fall ist der Wert 1200. Dieser Wert sagt aus, dass der Gebäudegrundriss zur Ermittlung der Bodenhöhe mit einem DGM2 verschnitten wurde.

Des Weiteren ist aus Abbildung 14 der Wert für den Bezugspunkt „roofType“ (Gelb) ersichtlich. Der Wert 1000 beschreibt den Bezugspunkt einer vom Flachdach abweichenden Dachform.

4.3.3.2 Qualitätsanalyse - Lage / Bodenhöhe / Gebäudehöhe

Die Genauigkeit eines LoD Datensatzes kann stark variieren. Da diese Datensätze automatisch erzeugt wurden ist entscheidend, auf welcher Datengrundlage selbige bestehen. Der unter 4.3.3.1 beschriebene Beispieldatensatz zeigt auf, wie die Qualitätsangaben der CityGML Datei zu finden sind.

Die Tabelle beschreibt die möglichen Verfahren zur Ermittlung der Gebäudehöhe

Bedeutung	Wert	Grunddatenbestand
LASERSCAN	1000	
STOCKWERKE	2000	
STANDARD	3000	
PHOTOGRAMMETRIE -MANUELL	4000	
PHOTOGRAMMETRIE -AUTOMATISCH	5000	
MANUELL	6000	

Abbildung 15: Verfahren zur Ermittlung der Gebäudehöhe (AdV-CityGML-Profile)

Die Tabelle beschreibt das Verfahren und die Quelldaten für die lagemäßige Festlegung.

Bedeutung	Wert	Grunddatenbestand
LIEGENSCHAFTSKATASTER	1000	
LIEGENSCHAFTSKATASTER (BERECHNUNG)	1100	
LIEGENSCHAFTSKATASTER (DIGITALISIERUNG)	1200	
LIEGENSCHAFTSKATASTER (TOP.AUFNAHME)	1300	
PHOTOGRAMMETRISCH ERMITTELT	2000	
TOPOGRAPHISCHE LANDESAUFNAHME	3000	

Abbildung 16: Quelldaten für die Lage (AdV-CityGML-Profile, 2011)

Die Tabelle beschreibt das Verfahren und die zugrunde liegenden Daten zur Ermittlung der absoluten Bodenhöhe.

Bedeutung	Wert	Grunddatenbestand
Verschneidung mit DGM	1000	
Verschneidung mit DGM1	1100	
Verschneidung mit DGM2	1200	
Verschneidung mit DGM5	1300	
Verschneidung mit DGM10	1400	
Verschneidung mit DGM25	1500	
Verschneidung mit DGM50	1600	
Verschneidung mit DGM200	1700	
Verschneidung mit DGM1000	1800	
Einzelmessung	2000	
Photogrammetrie -manuell	3000	
Photogrammetrie -automatisch	4000	

Abbildung 17: Ermittlung Bodenhöhe (AdV-CityGML-Profile, 2011)

Abschließend bleibt festzustellen, wie sich die Qualität der in dieser Bachelorarbeit verarbeiteten LoD2 Datensätze zusammensetzt.

Die Lage der verarbeiteten 3D-Objekte wurde aus dem Liegenschaftskataster abgeleitet. Die im Liegenschaftskataster nachgewiesenen Gebäude können in Thüringen aus Orthofotos, Einmessungen oder aus der Digitalisierung historischer Karten stammen. Damit kann die Lagegenauigkeit stark variieren. In Kapitel 8.1 wurde beispielhaft die Genauigkeit mehrerer LoD2-Gebäude im Vergleich mit der Örtlichkeit überprüft.

Die Traufhöhen bzw. Gebäudehöhen wurden aus Laserscandaten automatisiert abgeleitet. Um eine Aussage zu der Genauigkeit der hier verarbeiteten LoD2-Daten treffen zu können, wurden beispielhaft, wie unter Kapitel 8.2 näher beschrieben, am Rathaus und am Feuerwehrturm örtliche Überprüfungen durchgeführt.

Der Gebäudegrundriss wurde in dem vorliegenden Fall zur Ermittlung der Bodenhöhe mit einem DGM2 verschnitten. Zur Verifizierung der tatsächlichen Genauigkeit wurde die

Bodenhöhe vermessungstechnisch, wie in Kapitel 8.3 beschrieben, in der Örtlichkeit überprüft.

4.4 Bewertung

Die hier von der Thüringer Kataster- und Vermessungsverwaltung zur Verfügung gestellten Ausgangsdaten sind in ihrer Qualität und Struktur geeignet, ein 3D-Modell mit geringem Detaillierungsgrad zu erstellen.

5. Verfügbare raumbezogene Daten / ergänzende Datenerfassung

Die folgenden Kapitel beschreiben die Möglichkeiten, wie das 3D-Modell durch ergänzende Datenerfassung und durch die Integration weiterer raumbezogener Daten sowie durch die Detaillierung der Strukturen vorhandener Daten verfeinert und fortgeschrieben werden kann.

5.1 Bereitstellung verfügbarer raumbezogener Daten

In diesem Kapitel geht es um die Beschaffung vorhandener und archivierter Vermessungsunterlagen. Ausgehend von der Thematik dieser Bachelorarbeit, alle vorhandenen freien Geodaten in einem Programmsystem zu vereinen und dreidimensional zu visualisieren, sind insbesondere auch die bei den Projektpartnern archivierten Vermessungsunterlagen der einzelnen Vermessungs- und Ingenieurbüros nicht außer Acht zu lassen. Diese Firmen, Büros und Unternehmen erzeugten in der Vergangenheit mit jeder Planung oder Baumaßnahme Vermessungsunterlagen, die zur Vervollständigung des Stadtmodelles genutzt werden könnten. Zu diesen Unterlagen gehören alle Bestandsaufnahmen, Lage- und Höhenpläne, Baumkataster, Schachtkataster sowie jegliche Aufmaße und Daten, die zur Visualisierung in VIS-All@3D genutzt werden können.

5.1.1 Markt

Für die beispielhafte Beschaffung bereits vorhandener archivierter Unterlagen, explizit für den Bereich „Markt“, wurde ein Termin am Donnerstag, dem 01.02.2018, mit der Stadtverwaltung Schmölnn angesetzt. Vor diesem Termin wurde fernmündlich mit dem Bauamtsleiter geklärt, ob Pläne und Messunterlagen von diesem Bereich existieren, die bereitgestellt werden könnten. Am anberaumten Tag wurden zwei digital gespeicherte Bestandspläne übergeben. (siehe Anhang K und L) Der Straßenplan spiegelt den Bestand nach Fertigstellung des Straßenbaus von 2005 wider. Die ebenfalls 2005 abgeschlossene Erneuerung des Kanalsystems ist in dem übergebenen Kanalplan dokumentiert. Ein

Ortsvergleich und Ortskenntnis untermauerten die Annahme, dass seit Erstellung dieser Pläne keine Änderungen am Straßenverlauf oder dem Kanalsystem vorgenommen wurden.

5.1.1.1 Datenaufbereitung / Verifizierung

Zur Datenaufbereitung der vorhandenen Unterlagen wurden im CAD-Programmsystem „GEOgraf“ zwei neue Projekte angelegt. In den Grafikparametern wurde der Maßstab, wie im Schriftfeld der PDF's angegeben, auf 1:250 eingestellt. Alle weiteren Kataloge, wie Arten, Symbole, Stifte, Farben usw., wurden aus den bürointernen Voreinstellungen übernommen. Die beiden DXF-Dateien des Kanal- und Straßensystems wurden jeweils in ihr eigenes Projekt über Import DXF/DWG geladen. Da die zur Verfügung gestellten Bestandspläne im Lagereferenzsystem PD83 vorlagen, mussten selbige jeweils noch in das Zielreferenzsystem ETRS89_UTM32 transformiert werden. (Kapitel 2.2.1) Bei den DGM-Daten des Land Thüringen wurde, wie in Kapitel 4.2.2.1 beschrieben, auf die Zonenziffer 32 verzichtet. Da diese DGM-Daten wiederum als Horizontgrundlage im Zielprogramm VIS-All®3D genutzt werden, musste dies auch hier berücksichtigt werden. So wurde in den Rechenparametern der „Additionswert Rechts [km]“ von 32000 auf 0 gesetzt. Des Weiteren wurde der Reduktionsmodus auf „Streckenreduktion, Flächenreduktion mit Höhenreduktion“ und die Maßstabsreduktion von 1 auf 0.9996 gesetzt. Die Projekte wiesen nunmehr die richtigen Koordinaten für das Zielsystem in VIS-All®3D auf. Im folgenden Arbeitsschritt wurden alle Punkte einer Art, wie zum Beispiel Bäume, Stadtlampen, Schächte, Schieber, Einläufe und alle weitere Elemente des Stadtinventars über den Befehl „Art und Ebene ändern“ (GEOgraf) in ihre zugehörige Art und Ebene des bürointernen Kataloges umgewandelt. Für die Flächen, die später im Programm VIS-All®3D visualisiert werden, wurden Objekte gebildet. Um diese Objekte zu bilden, musste die richtige Art, Ebene und der richtige Katalog ausgewählt werden. Da die DXF-Datei bereits Schraffuren über den Flächen enthielt, konnte über Objekt und Erzeugen anhand der Schraffur die gewollte Fläche ausgewählt und als Objekt erzeugt werden.

Zur Bearbeitung der Datei „Kanal.dxf“ wurden die gleichen Arbeitsschritte durchgeführt. Hierbei sind allerdings die Flächen (Objekte) weggefallen. Es war darauf zu achten, dass die verschiedenen Linien des Kanalplans nach Durchmesser und Materialien in verschiedene Arten getrennt werden. Dies erleichtert die spätere Importarbeit in VIS-All®3D und im 3D-Symbolordner das Deklarieren. So weiß der Nutzer, um welche Art es sich genau handelt. Auch die Punkte der Schächte und Einläufe wurden nochmals in einer separaten Ebene übernommen. Obwohl diese Punkte schon durch die Datei Straßen.dxf die richtige Art und Ebene aufwiesen, war dies nochmal nötig. Der Unterschied liegt in der Punkthöhe der

Punkte. Aus der Datei Straßen.dxf entnimmt VIS-All®3D die Deckelhöhe an der Oberfläche und es wird später an dieser Stelle ein Kanaldeckel visualisiert. Aus der Datei „Kanal.dxf“ wird die Schachtsohlenhöhe ausgelesen und später als Schachtkörper visualisiert. Die GEOgraf-Projekte wurden als „PAR-Dateien“ für die weitere Verarbeitung abgespeichert. Die Projekte waren abschließend für den Datenimport über den GEOgraf-Loader in das VIS-All-Gesamtprojekt vorbereitet.

5.1.1.2 Auswertung, Bewertung und Weiterverarbeitung

Die Idee, bereits vorhandenen Lage- und Höhenpläne zu integrieren, ist eine hervorragende Variante, um bereits in den Schubladen verschwundene Pläne wieder zum Leben zu erwecken. Es spart Zeit und es entstehen keine Kosten für aufwendige Vermessungsarbeiten. Um das Ergebnis zu erreichen, werden die vorhandenen Pläne lediglich verifiziert, in das richtige Lage- und Höhenreferenzsystem transformiert und alle weiteren, nur zur Visualisierung benötigten Punkte, Linien und Flächen (Objekte) in Art und Ebene geändert. Die Änderung der Art und Ebene war am Projekt „Markt“ nötig, da in der DXF-Datei keine aussagekräftigen Arten und Ebenen mitgeliefert wurden. Werden diese Daten jedoch mitgeliefert oder hatte man in der Vergangenheit, wie in Kapitel 5.2 beschrieben, selbst eine Messung durchgeführt, bei der Arten und Ebenen bekannt sind und auch das Lage- und Höhenreferenzsystem mit dem Zielsystem übereinstimmt, kann der Bearbeiter sich den Zeit- und Arbeitsaufwand der Datentransformation und Art- und Ebenenumwandlung ersparen.

Bei der Verifizierung vorhandener Unterlagen ist auf die Korrektheit der Punkte und deren Aktualität zu achten und diese gegebenenfalls zu überprüfen. Wenn Punkte beispielsweise keine Höhen aufweisen, gibt es in der späteren Verarbeitung mit „VIS-All“ Probleme. Nicht geschlossene Schraffuren ergeben Probleme bei der Flächenbildung (Objektbildung). Falls dieses Problem auftreten sollte, sollte der Bearbeiter über den Weg Objekt, Erzeugen, „Linienzug“ die Flächen anhand der Punkte ringsherum schließen. Auf eine gute Arten- und Ebenenstruktur ist zu achten. Durch eine große Anzahl von verschiedensten Objekten (Punkten), Linien und Flächen können im CAD-Programm wie auch in der Importschnittstelle (GEOgraf-Loader) in VIS-All®3D schnell Probleme entstehen. Der Ebenen-Manager kann bei der Orientierung helfen. Indem man die Ebenen ein- und ausschaltet, wird sichtbar, welche Elemente der DXF-Dateien noch nicht in den eigenen Katalog umgewandelt wurden.

5.2 Ergänzende Datenerfassung

In diesem Kapitel geht es um die ergänzende Datenerfassung mittels tachymetrischer Vermessung, photogrammetrischer Verfahren sowie Laserscanning und um die Detaillierung vorhandener Gebäudedaten mittels „SketchUp-Modellierung“.

5.2.1 Lage- und Höhenplan Bürogelände

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde eine örtliche Bestandsvermessung des Firmengeländes, der Vermessungsbüro Gabler GmbH, durchgeführt, um beispielgebend einen Lage- und Höhenplan zu erstellen, der mittels COM Schnittstelle (GEOgraph Loader) in VIS-All®3D importiert werden kann.

„Lage- und Höhenpläne sind maßstäbliche Darstellungen von Teilen der Erdoberfläche. Topografische Objekte (Straßen, Häuser, technische Versorgung, Vegetation usw.) werden lage- und höhenmäßig dokumentiert. Lage- und Höhenpläne dokumentieren stets den Ist-Zustand.“(Minning et al. 2014, S. 14)

Das zu vermessende Gebiet umfasste eine Fläche von ca. 2100 qm. Die Anforderungen an die Genauigkeit der Bestandsvermessung wurden in Lage und Höhe mit jeweils 3 cm vorgegeben. Für die Festpunkte waren die mittels SAPOS® HEPS erreichbare Lagegenauigkeit von 1 bis 2 cm und die erreichbare Höhengenaugkeit von 2 bis 3 cm jeweils einzuhalten.

Die Herstellung des einheitlichen Raumbezuges erfolgte, wie nachfolgend näher beschrieben, mittels GNSS im amtlichen Lagebezugssystem ETRS89 und im Höhenreferenzsystem DHHN2016. Die Detailvermessung und Erfassung der topografischen Objekte erfolgte, wie nachfolgend ebenfalls näher beschrieben, mittels Tachymeter.

Die folgende Abbildung 18 zeigt das geplante Messgebiet und gibt einen Überblick über die Lage der Festpunkte.

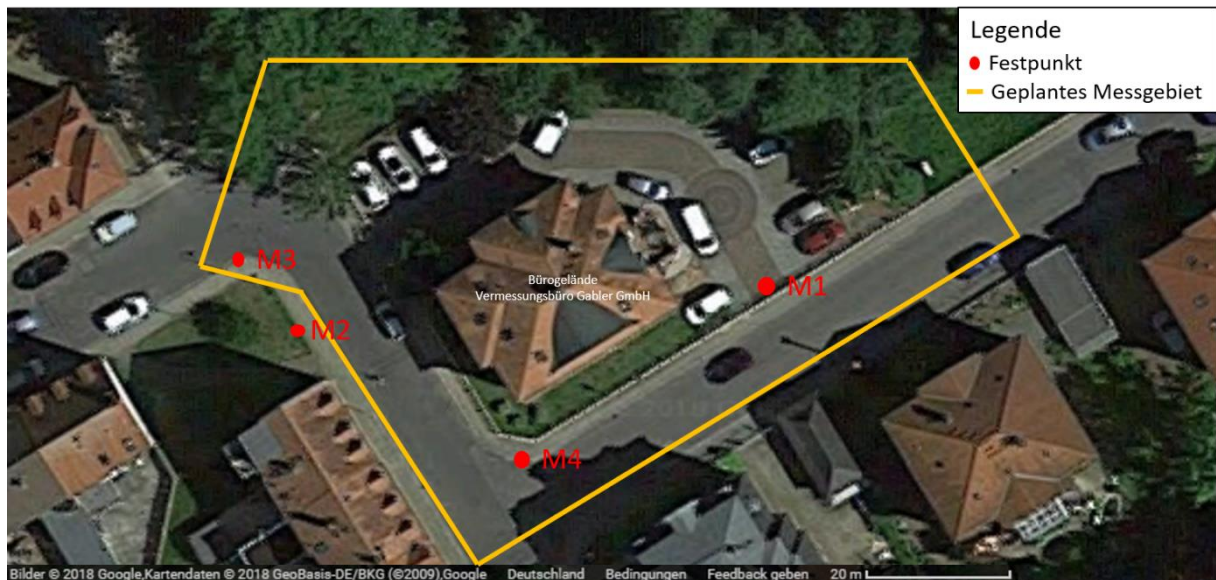


Abbildung 18: Festpunktübersicht mit geplantem Messgebiet (Eigene Darstellung 2018)

5.2.1.1 Festpunktfeld

Zum Beginn der örtlichen Vermessungsarbeiten, am Freitag, dem 02.02.2018, wurden vier temporäre Aufnahmepunkte rings um das zu vermessende Gebiet eingeschlagen. Bei der Erkundung wurde darauf geachtet, dass für die folgenden freien Stationierungen mittels Tachymeter möglichst jeweils mindestens 3 dieser Aufnahmepunkte sichtbar sind. Des Weiteren wurde der Baumbewuchs im Norden des Gebietes bei der Festlegung der Festpunkte berücksichtigt, um eine Abschattung der Satelliten-Signale bei der nachfolgend beschriebenen GNSS-Messung zu vermeiden. Je mehr Hindernisse (Bäume, Häuser oder metallische Objekte) sich in der nahen Umgebung des neu zu bestimmenden Aufnahmepunktes befinden, desto mehr Abschattungen oder Reflexionen erschweren die GNSS-Messung. Für eine bessere Verteilung der Festpunkte hätten im Norden des Gebietes mindestens ein weiterer Punkt entstehen müssen. Dies war aufgrund der beschriebenen Abschattung nicht möglich.

5.2.1.2 GNSS-Messung

Für die präzise Positionierung des GNSS Rovers in Lage und Höhe wurde der amtliche GNSS-Satellitenpositionierungsdienst der Thüringer Kataster- und Vermessungsverwaltung (SAPOS®-Thüringen) mittels GSM-Einwahl genutzt. Dieser SAPOS Dienst ist in Thüringen entgeltfrei. SAPOS® HEPS erreicht als hochpräziser Echtzeit- Positionierungs - Service eine Lagegenauigkeit von 1 bis 2 cm und eine Höhengenaugkeit von 2 bis 3 cm.

Die vier Aufnahmepunkte wurden jeweils mit einem Aufzeichnungszeitintervall von dreißig Sekunden gemessen. Mit einem Zeitabstand von mindestens 30 Minuten zur ersten GNSS-Messung erfolgte die zweite GNSS-Messung der Festpunkte. Da die Messergebnisse der ersten Messung mit der zweiten Messung innerhalb der geforderten Genauigkeit lagen, wurden die Koordinaten gemittelt und abgespeichert.

Für die Bestimmung der Aufnahmepunkte wurde der GNSS Empfänger R-10 der Firma Trimble in Verbindung mit der dazugehörigen TCU Kontrolleinheit eingesetzt.

5.2.1.3 Netzausgleichung

Um ohne Innendienstbearbeitung ein Festpunktnetz mit einer verbesserten inneren Genauigkeit zu erhalten, wurden zwei freie Stationierungen (Helmert–Transformationen) mittels Tachymeter mit Orientierung über alle vier Aufnahmepunkte gemessen und instrumentenintern berechnet. So wurde anhand der Restklaffungen ersichtlich, dass die Lagefehlereinflüsse der gemittelten GNSS-Messungen innerhalb der geforderten Genauigkeit lagen. Mittels Tachymeter wurden nun alle vier temporären Aufnahmepunkte zweifach unabhängig aufgemessen. Die mit dem Tachymeter doppelt bestimmten Aufnahmepunktkoordinaten wurden abschließend gemittelt und gespeichert.

5.2.1.4 Tachymetrische Aufnahme

Die Detailvermessung und Erfassung der topografischen Objekte erfolgte mit einer S7-Total Station der Firma Trimble. Die Koordinaten der Aufnahmepunkte wurden als Punktdaterei (.pkt) bereits während der GNSS Messung auf der TCU Kontrolleinheit gespeichert.

Nach der erfolgreichen Orientierung des Tachymeters wurden die verschiedenen topographischen Objekte, wie Schächte, Einläufe, Höhenpunkte, Verkehrsschilder, Zäune, Mauern, Lampen und Hydranten punktuell aufgemessen. Insbesondere wurden alle Objekte, Kanten, Linien, Nutzungsartengrenzen und Flächen erfasst, die später durch das Programmsystem VIS-All®3D visualisiert werden sollten. Im Riss wurde zu jeder einzelnen Fläche das Material und die Beschaffenheit des Untergrundes notiert, um die einzelnen Flächen bei der späteren Visualisierung korrekt texturieren zu können. An bestehenden Gebäuden wurden neben den Gebäudeecken die First- und Etagenhöhen erfasst. Diese zusätzlichen Daten wurden für die in Kapitel 5.2.4 näher beschriebene Modellierung in SketchUp benötigt. Die Bäume wurden mit ihrer Art, Höhe, Stamm- und Kronendurchmesser aufgenommen. Diese Daten wurden für die spätere Visualisierung der Bäume in VIS-All®3D benötigt. Für die Bestandsaufnahme wurde die bürointerne Codeliste genutzt. Die Speicherung der Messergebnisse erfolgte auf der TCU-Kontrolleinheit.

5.2.1.5 Auswertung, Bewertung und Weiterverarbeitung

Die Auswertung wurde mit dem Softwaresystem GEOgraf der Firma HHK Datentechnik GmbH durchgeführt. GEOgraf ist ein etabliertes und auf Anwendungen in Vermessungsbüros spezialisiertes CAD System. Dank der flexiblen Schnittstellen zu den üblichen CAD- und Visualisierungsprogrammen, wie auch VIS-All®3D, garantiert GEOgraf eine uneingeschränkte Nutzbarkeit und Vielfalt.

„Anspruchsvolle ingenieurtechnische Aufgaben werden über digitale Geländemodelle, Profile, 3D-Funktionen und die fotogrammetrische Auswertung moderner Videotachymeter gelöst.“(HHK Webseite et al, 2018)

Um ein GEOgraf-Projekt für den späteren Import in VIS-All®3D vorzubereiten, muss der Bearbeiter zwingend das CAD-Programm mit der „GGWIN.exe-Datei“ starten. Bei Nichtbeachtung kann es später zu Problemen beim Import der GEOgraf.PAR-Datei kommen. Wird versehentlich das GEOgraf-Projekt mit der „GGA3.exe-Datei“ geöffnet und gespeichert so kann das GEOgraf-Projekt später nicht nach VIS-All®3D überführt werden. Nach dem richtigen Öffnen des Programmsystems GEOgraf mittels der Datei „GGWIN.exe“ wurde ein eigenständiger Auftrag angelegt. Die Symbolfestlegungen erfolgten durch Auswahl der bürointernen SYM-Datei (Symboldatei). Anschließend wurde für die Verknüpfung der Punktcodierungen zu den entsprechenden Punktarten, Schriften, Farben und Symbolgrößen die bürointerne .ART-Datei (Artendatei) eingelesen und der bürointerne Katalog im Artenmanager ausgewählt. Danach wurde die .pkt-Datei (Punktdatei), die von der TCU übertragen wurde, in das Programm eingelesen (Abbildung 19). Diese Punktdatei enthält die Punktnummern mit Koordinaten, Höhe und Codierung. Der Lage- und Höhenplan des Messgebietes wurde im Anschluss nach der Arten- und Symboldatei in GEOgraf konstruiert. Die während der Messung eingegebene Codierung beinhaltet die Punkt-Art des gemessenen Punktes. Mithilfe des im Außendienst angefertigten Feldrisses wurden beispielsweise die entsprechend definierten Punkte am CAD-System durch Linien verbunden.

So entstanden Linienverbindungen, die beispielsweise den Gehweg, die Straße oder verschiedene Nutzungsarten abtrennen. Die durch diese Linien umschlossenen Flächen wurden mit Schraffuren belegt. Aus diesen Schraffuren wurden im Anschluss Objekte

erzeugt. Die Erzeugung dieser Objekte war unabdingbar für den Datenimport in VIS-All®3D. Insbesondere war zu beachten, dass alle im Plan enthaltenen Elemente, wie Punkte, Linien, Texte und Objekte die korrekte Art und Ebene entsprechend der 3D-Symbolbibliothek im VIS-All-Import zugewiesen bekamen (GEOgraf-Loader).

Abschließend wurden der Nordpfeil und das Schriftfeld eingefügt. Das Schriftfeld enthält neben Firma und Bearbeiter den Namen des Messgebietes, den Maßstab, das Lage- und Höhenbezugssystem und das Datum der Fertigstellung des Planes.

Das GEOgraf-Projekt wurde als „PAR-Datei“ für die weitere Verarbeitung abgespeichert. Das Projekt war somit abschließend für den Datenimport über den GEOgraf-Loader in das VIS-All-Gesamtprojekt vorbereitet.

Der Lage- und Höhenplan ist in Anhang M und Abbildung 19 ersichtlich.

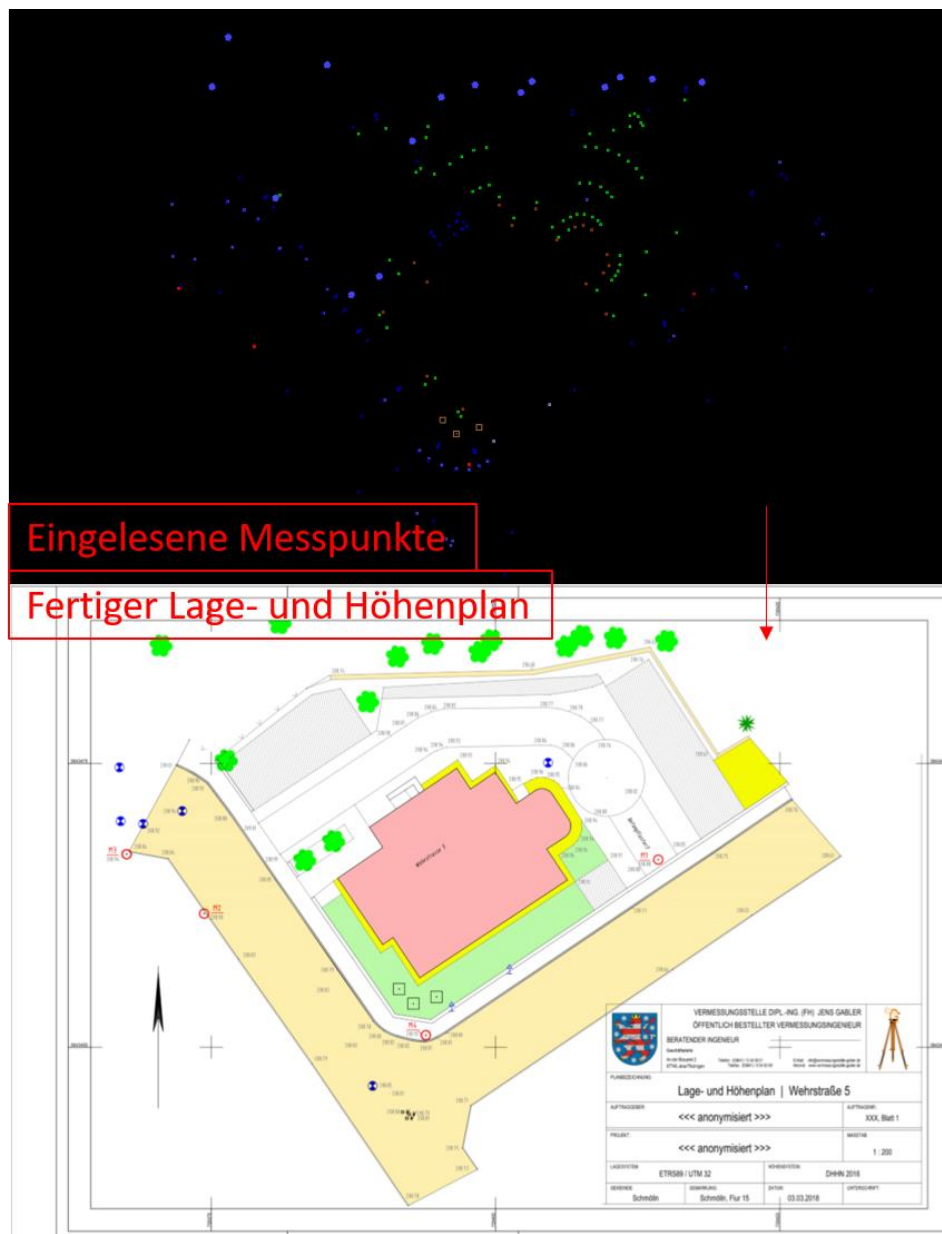


Abbildung 19: Von den Messpunkten zum fertigen Lage- und Höhenplan (Eigene Darstellung 2018)

5.2.2 Photogrammetrische Aufnahme

Die folgenden Kapitel erläutern die Datenerfassung durch die Aufnahme und Weiterverarbeitung von Fotos. Im Ergebnis entstehen Orthofotos, 3D-Modelle und Texturen, die für den Import in das Zielsystem VIS-All®3D vorgesehen sind.

5.2.2.1 Befliegung Marktbereich / Feuerwehrturm

Am Montag, dem 12. März 2018 wurde der erste Termin mit der Firma „Flying-pixx“ anberaunt. Diese Firma sollte die photogrammetrischen Aufnahmen der ausgewählten Objekte erstellen. Die Aufnahme der Fotos erfolgte mit der am Gimpel (Halterung zum austarieren) einer Drohne vom Typ „Phantom 4 PRO“ der Firma DJI befestigten DJI Kamera. Diese Kamera ist mit einem 1“ CMOS-Sensor sowie einem Objektiv mit einer

Festbrennweite von 9 mm ausgerüstet und erreicht eine Auflösung von 20 Megapixel. Bei den zu befliegenden Objekten handelt es sich um die dem Marktplatz zugewandte Fassade des Rathauses, die nördliche Seite des Feuerwehrturms und den Stadtbrunnen. Aus diesen Aufnahmen sollten im Nachgang ein 3D-Modell des Stadtbrunnens und Orthofotos der Rathausfassade sowie der Nordfassade des Feuerwehrturmes generiert werden.

Nach der Besichtigung der aufzunehmenden Objekte und der Besichtigung der Örtlichkeit wurde mündlich ein Flugplan besprochen. Als Erstes erfolgte die Aufnahme der Rathausfassade. Hierfür wurde ein Abstand von ca. 5 Metern zur Fassade gewählt. Dieser Abstand wurde durch die Infrarotsensoren der Drohne nahezu exakt eingehalten. Es wurden insgesamt 19 sich überlappende Fotos aufgenommen.

Als zweite photogrammetrische Aufnahme erfolgte im Anschluss die Befliegung des Stadtbrunnens. Hierzu wurde der Brunnen zur Erfassung der sich überlappenden Fotos mittels Drohne zweimal umrundet. Die Umrundungen wurden in zwei verschiedenen Radien und Höhen geflogen. Die erste Befliegung erfolgte in einer Höhe von ca. 2 Metern und einem nahezu gleichbleibenden Abstand von ca. 3 Metern zum Objekt. Die zweite Befliegung erfolgte in einer Höhe von ca. 3 Metern und einem Abstand von nur ca. 2 Metern zum Brunnen. Dabei wurde die Drohne vom Pilot per Hand gesteuert. Die Flugzeit betrug ca. 30 min. Die Kamerablickwinkel wurden für jedes Foto so ausgerichtet, dass der gesamte Brunnen im Bildrahmen ersichtlich war. So wurden insgesamt 58 Fotos vom Brunnen aufgenommen. Die Fotos des Stadtbrunnens sind in Anhang N ersichtlich.

Am Donnerstag, den 15. Februar 2018 wurde der Feuerwehrturm photogrammetrisch erfasst. Das Objekt ist 5 Meter breit, 6 Meter lang und 15 Meter hoch. Zu Beginn der Befliegung wurde erneut eine mündliche Flugplanung mit dem Piloten durchgeführt. So wurde der Turm mit einem Fassadenabstand von ca. 5 Metern von unten aufsteigend nach oben rings um das Objekt aufgenommen. Bei dieser Befliegung entstanden 67 Abbildungen. Die Abbildungen des Feuerwehrturmes sind in Anhang N ersichtlich. Diese Fotos können im Nachgang für eine 3D Modellierung genutzt werden.

Die Kameraeinstellung erfolgte jeweils automatisch. Der Export der aufgenommenen Fotos fand über die interne SD-Karte der Drohnenkamera statt. Es wurden zu jedem Foto zwei Dateiformate abgespeichert. Die Fotos zu den Messkampagnen sind in Anhang N ersichtlich.

Im Ergebnis standen die Aufnahmen als JPG-Datei für die Weiterverarbeitung zur Verfügung.

5.2.2.2 Aufnahme der Texturen

Texturen geben dem Stadtmodell einen fotorealistischen Ausdruck. Zum Texturieren sind alle im Modell vorhandenen Flächen geeignet. Neben dem Geländemodell, welches bereits mit Orthofotos texturiert wurde, sind dies Dachflächen, Fassaden und Flächen aus Bestandsvermessungen.

Für die Texturierung von Gebäudefassaden wurden am Marktplatz und am Bürogelände ausgewählte Fassadenfotos angefertigt. Dies erfolgte mittels Digitalkamera. Dabei war zu beachten, dass die Kamera möglichst zentral vor dem Gebäude steht und die Bildebene möglichst parallel und waagrecht zur Fassade ausgerichtet wird. Die Aufnahmen der Gebäudefassaden sind in Anhang O zusammengefasst.

Weiterhin wurden für die originalgetreue Texturierung des Gehweg- und Straßenbelages die ortsspezifischen Pflasterungen senkrecht fotografiert. Hier war insbesondere darauf zu achten, dass ein Muster abgebildet wurde, welches sich wiederholt. Im Zielsystem VIS-All®3D wird aus einer Vielzahl dieser Fotos eine Pflasterfläche gebildet.

Bei der Erstellung der Aufnahmen wurde darauf geachtet, dass keine oder nur geringe Witterungseinflüsse, wie Sonneneinstrahlung, Regen, Schnee oder starke Schlagschatten die Texturen beeinflussen. Um für eine realistische Abbildung der Fassaden und Flächen zu sorgen, wurden die Fotos an bewölkten Tagen aufgenommen.

Es wurden insgesamt 160 Fotos aufgenommen und als JPG-Datei gespeichert. Diese Fotos wurden mittels Micro-SD Karte auf das Notebook überspielt und selektiert. Im Ergebnis dieser Auswahl stehen 140 Fotos für die Weiterverarbeitung zur Verfügung.

5.2.2.3 Auswertung, Bewertung und Weiterverarbeitung

Mit den Daten, der in Kapitel 5.2.2.1 beschriebenen Befliegung, wurde anschließend im Innendienst die Auswertung mittels der Software „Photoscan“ der Firma Agisoft vorgenommen. Wie in Kapitel 5.2.2.1 erläutert wurde der Brunnen beflogen, um ein 3D-Modell des Brunnens zu erzeugen. Die Software Photoscan ist eines der führenden 3D-Modellierungsprogramme aus photogrammetrischen Daten. Diese Software steht für die Bearbeitung von studentischen Projekten dem Fachbereich Vermessung und Geoinformatik an der Hochschule Anhalt zur Verfügung. Zuerst wurde in der Software ein Projekt erzeugt und die mittels der Drohne aufgenommenen Fotos in den Arbeitsbereich geladen (Abbildung 20).

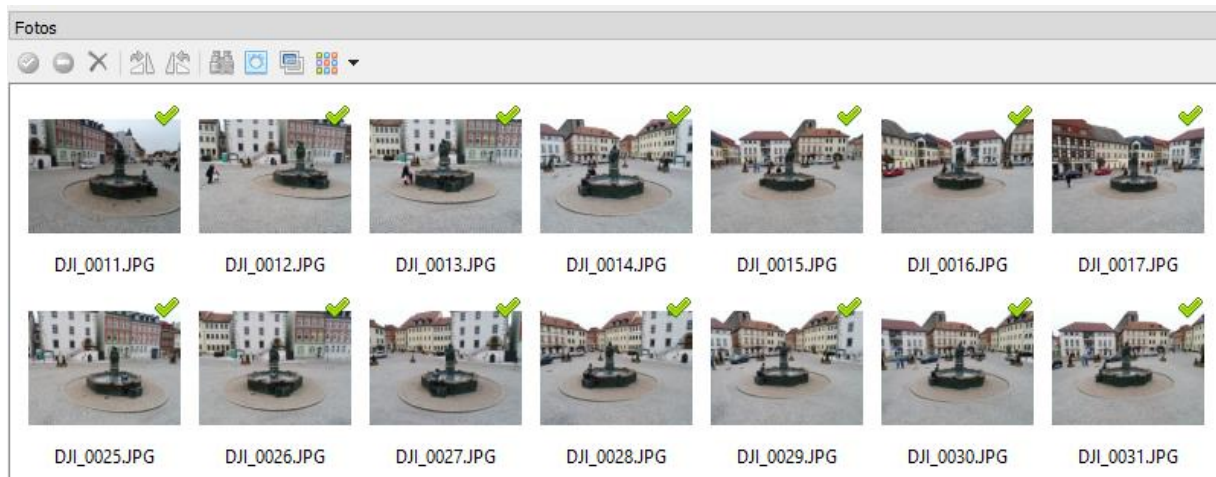


Abbildung 20: Photoscan /Fotos eingeladen (Eigene Darstellung aus Photoscan 2018)

In diesem wurden die insgesamt 58 Fotos betrachtet, bewertet und selektiert. Unbrauchbare Fotos wurden entfernt. Im nächsten Schritt wurden die Aufnahmen ausgerichtet. Hierbei wurden die Kamerapositionen und Orientierungen für jedes Bild festgestellt. Außerdem wurde ein dünnes Punktwolkenmodell errechnet. An dieser Stelle wurden unkorrekt ausgerichtete Fotos entfernt, damit keine falschen Informationen in das Modell gelangen. Nach dem Austesten verschiedener Ausrichtungsparameter wurden die berechneten Ausrichtungen und Orientierungen dargestellt sowie ein dünnes Punktwolkenmodell erzeugt, um einen ersten Eindruck zu erlangen (Abbildung 21).

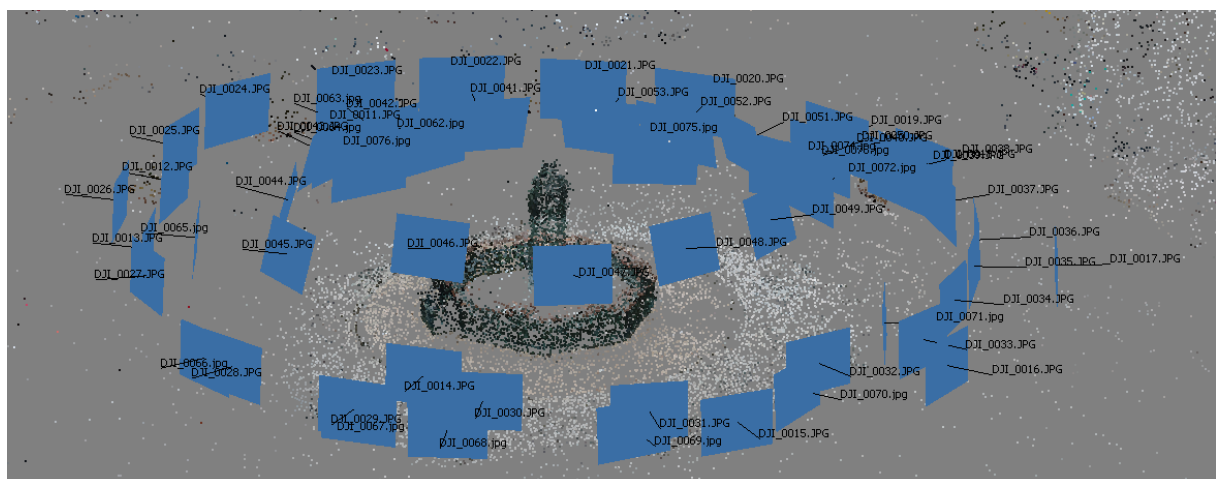


Abbildung 21: Dünnes Punktwolkenmodell mit Kamerapositionen (Photoscan 2018)

Zunächst wird deklariert, was aus dem Punktwolkenmodell benötigt wird. Dazu wird der Brunnenbereich von der „bounding box“ begrenzt. Die Box wird in Länge, Breite und Höhe dem Objekt angepasst. Dieser Bearbeitungsschritt erfolgte vor dem Erzeugen der dichten Punktwolke und wurde nochmals vor der Mesherzeugung durchgeführt. Zur Erzeugung der dichten Punktwolke konnten verschiedene Qualitätsstufen gewählt werden. Um die Details

des Brunnens bestmöglich zu erfassen, wurde in dieser Bachelorarbeit die Qualitätsstufe „Hoch“ gewählt und die Tiefenfilterung auf „Sanft“ gestellt. Außerdem wurde die Option der Punktfarbenberechnung ausgewählt, um das Modell realistisch darzustellen. Dies lieferte ein annehmbares Ergebnis, welches zur Weiterverarbeitung genutzt werden konnte. Bei der folgenden Mesherzeugung konnten die Oberflächenart, die Quelldaten und die Flächenzahl gewählt werden. Für die Oberflächenart wurde „Frei(3D)“ gewählt, da kein Höhenfeld zur Verfügung stand. Die Quelldaten wurden aus der gerade erzeugten „dichten Punktwolke“ gezogen und die Flächenzahl wurde auf „Hoch“ gestellt, um den gewünschten Detaillierungsgrad zu erhalten. Außerdem wurden alle Punktklassen zur Erzeugung herangezogen sowie die Interpolation eingeschaltet, um mögliche Löcher zu schließen. Bei der Texturerzeugung wurden die Voreinstellungen gewählt. Das fertige 3D-Modell wurde im Anschluss auf den gewünschten Bereich zugeschnitten und abschließend als .obj-, .3ds-, .mtl, .pdf- und .kmz-Datei exportiert. Die Textur wurde als „png-Format“ ausgegeben, damit durch die Komprimierung des .jpeg-Formates keine wichtigen Details verfälscht werden. Das 3D-Modell steht im Ergebnis nunmehr in dem gewünschten Dateiformat für den Import in VIS-All®3D zur Verfügung. Der Workflow im Programm „Photoscan“ mit Ausschnitten aus dem dichten Punktwolkenmodell, dem Mesh und dem texturierten Modell ist in Abbildung 22 ersichtlich.

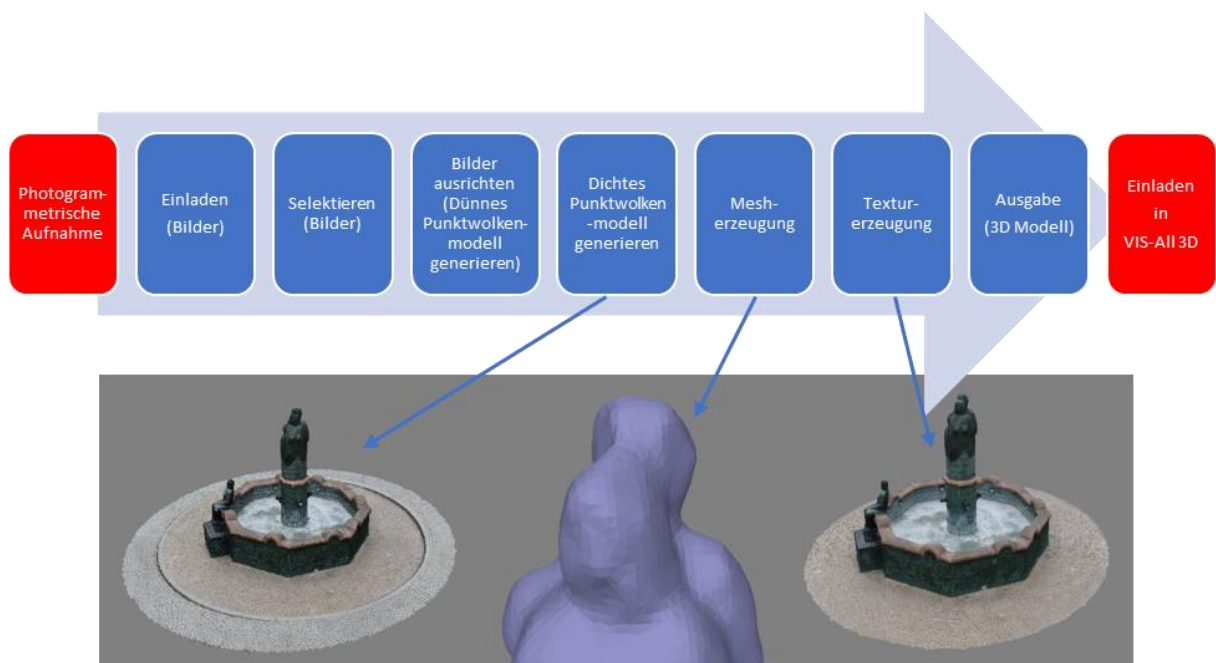


Abbildung 22: Workflow 3D-Modell erzeugen von der Aufnahme über Photoscan in VIS-All®3D (Eigene Darstellung 2018)

Die Erzeugung der georeferenzierten Orthofotos der Fassaden am Rathaus und am Feuerwehrturm erfolgte in ähnlicher Reihenfolge mit dem Programm Photoscan. Nach Generierung der dichten Punktwolke wurde ein Netz gerechnet und daraus ein planares Orthofoto generiert. Die Auswertung der Daten erfolgte von der Firma GGS - Geotechnik, Geoinformatik & Service GmbH aus Speyer. Neben den Fotos wurden zur Verbesserung der Genauigkeit an den Fassaden Passpunkte koordinatenmäßig bestimmt. Die Passpunkte wurden mittels Tachymeter reflektorlos angemessen, abgespeichert und an die Firma GGS übergeben. Die „PKT-Datei“ der Messung ist in Anhang P ersichtlich und die Abbildung 23 stellt die Passpunkte an der jeweiligen Fassade mit Punktnummer dar. Die Orientierung des Tachymeters erfolgte laut Kapitel 5.2.1.



Abbildung 23: Passpunkte Feuerwehrturm und Rathaus (Eigene Darstellung 2018)

Zur Auswertung der Texturen wurde das Programm GIMP eingesetzt. Das GNU Image Manipulation Programm, kurz „GIMP“ ist eine freie Software zur Bildbearbeitung. Mit einer kurzen Einarbeitungszeit lässt sich das Programm GIMP bedienen. Es erfüllt die für das Bildbearbeitungsprogramm gestellten Aufgaben, wie Fotoretusche, Zuschchnitt und Entzerren. Als freie Software kann dieses Programm künftig insbesondere von den Schülern der projektbeteiligten Schulen für die Bearbeitung genutzt werden.

Im Programm erfolgte nach Import der jeweiligen JPG-Datei die Entzerrung des Bildes. Im Anschluss wurde der Zuschchnitt auf den gewünschten Bereich durchgeführt. Danach wurden alle im Bild störenden Elemente, wie Bäume, Autos, Menschen, Schilder usw. mittels Fotoretusche entfernt. Anschließend wurden die bereinigten Fotos als „JPG-Format“ exportiert und standen für den Import in VIS-All@3D bereit. Der Workflow für die Bildbearbeitung im Programm GIMP ist in Abbildung 24 zu sehen.



Abbildung 24: Workflow in GIMP (Eigene Darstellung 2018)

Die Fotoretusche war der aufwendigste Arbeitsschritt in der Texturbereitstellung. Aufgrund einer Vielzahl an Hindernissen war es sehr mühsam, alle störenden Elemente aus den Fotos zu entfernen. Das Retuschieren aller Störfaktoren ist in der Abbildung 25 dargestellt.



Abbildung 25: Entfernen von Bäumen/Fotoretusche (Eigene Darstellung 2018)

Es wurden insgesamt 140 Fotos aufgenommen und bearbeitet. Im Ergebnis entstanden für das Stadtmodell geeignete und ausreichend originalgetreue Texturen der Örtlichkeit. Für die Gebäude wurden 80 Fassadenbilder und für die Pflasterflächen und Objekte 60 Fotos zugeschnitten, entzerrt und retuschiert.

5.2.3. Terrestrisches Laserscanning

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit sollte mit Hilfe einer Gerätevorführung der Scanning Total Station SX10 der Firma Trimble durch die Firma AllTerra Deutschland GmbH die Datenerfassung zur Visualisierung des Marktbrunnens und eines EFH durch terrestrisches Laserscanning erfolgen.

Unter Scannen versteht man einen automatischen Vorgang, der ein Realobjekt berührungslos und vollständig abtastet und dabei Informationen ermittelt, die mit dem Computer weiterverarbeitet werden können. Die Erfassung erfolgt polar. Als Messgrößen werden dabei Horizontalwinkel und Zenitwinkel sowie ein Intensitätswert für die Reflexion des Lasers aufgenommen. (Niemeier et al, S.134)

Der integrierte Laserscanner der Scanning Total Station SX10 kann Punkte in einer Entfernung von 0.3 m bis 600 m aufnehmen. Die Erfassung erfolgt in der Horizontalen um 360° und in der Vertikalen bis 300°. Auch können mit der SX 10 hochauflösende Bilder parallel zum Scanvorgang erfasst werden. Durch eine Orientierung der SX 10 im vorgeschriebenen übergeordneten Bezugssystem wurden die Punktwolken mit dieser Orientierung erfasst und gespeichert.(vgl. Datenblatt Trimble SX10, 2017)

Für die praktische Durchführung bietet die SX 10 zwei grundlegend verschiedene Möglichkeiten der Aufnahme. So ist es möglich einen „360 Grad Scan“ durchzuführen, der das gesamte Gebiet um den Laserscanner erfasst. Alternativ kann mithilfe der *Polygon- und Panoramafunktion* Zeit und Datenmenge eingespart werden. Diese Funktionen erlauben es, lediglich definierte Bereiche mit dem Laserscanner zu erfassen. In der Panoramafunktion können die Ober- und Untergrenzen den Scanbereich eingrenzen. Die Funktion des Polygons grenzt Bereiche durch Antippen ein.

5.2.3.1 Durchführung Brunnen

Am Montag, dem 19. 03. 2018 wurde der Schmöllner Stadtbrunnen mit dem Laserscanner SX10 der Firma Trimble aufgenommen. Dieses Instrument wurde von Trimble bereitgestellt, um die Messung durchzuführen. Ziel war es, ein 3D Modell des Brunnens aus

einer Punktwolke zu entwickeln. Zur Herstellung des einheitlichen Raumbezuges musste ein Festpunktfeld in der Nähe des aufzunehmenden Objekts geschaffen werden. Hierbei wurden drei temporäre Aufnahmepunkte um den Stadtbrunnen gelegt. Die Herstellung des einheitlichen Raumbezuges erfolgte, wie schon in Kapitel 5.2.1.2 beschrieben, mittels GNSS. Nach der jeweiligen Orientierung der SX10 wurde das Objekt von insgesamt fünf Standpunkten gescannt. Vom ersten Standpunkt wurde ein Rundum-Scan des zu messenden Gebiets angefertigt, sowie die Süd-Ost Seite des Objektes aufgenommen. Dies erfolgte mit einem Raster von 10mm auf eine Distanz von 20 Metern. Der zweite Standpunkt erfasste die gesamte Süd-West-Seite des Brunnens sowie einen großen Teil der Bodenfläche. Dabei wurde der Laserscanner näher am Objekt platziert. Der Abstand der folgenden zwei Standpunkte betrug ca. 10 Meter. Der Scannbereich wurde in einem Rasterschema erfasst, das heißt, der Laserscanner misst alle 6 mm einen Punkt. Dies entspricht einem Raster von 6 mm auf eine Distanz von 10 Meter. Der dritte Scan nahm die Nord-West-Seite des Brunnens auf. Vom vierten Standpunkt aus wurde die Nord-Ost-Seite dokumentiert. Die letzte Station wurde direkt am Brunnen positioniert, sodass der Innenbereich sowie die Figuren des Brunnens gut sichtbar waren. Das Ergebnis der Messkampagne Brunnen ist in Abbildung 26 ersichtlich.

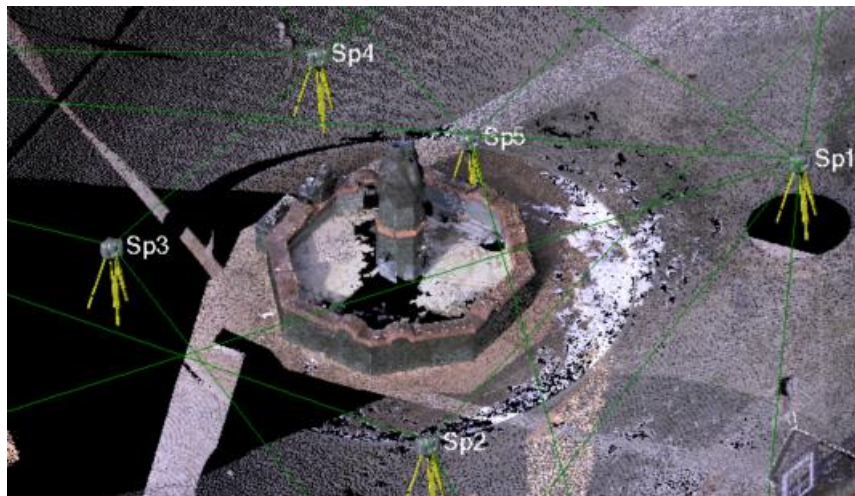


Abbildung 26: Screenshot der Brunnen-Punktwolke aus dem TBC (Eigene Darstellung 2018)

5.2.3.2 Durchführung EFH

Die Messkampagne für das Einfamilienhaus, kurz „EFH“ erfolgte am 19.03.2018 und war vergleichbar mit der des Stadtbrunnens. Zuerst wurde das Festpunktfeld erkundet und, wie bereits beschrieben, mittels GNSS-Messung im amtlichen Lagebezugssystem ETRS89 und im Höhenbezugssystem DHHN2016 bestimmt. Das Festpunktfeld bestand aus fünf Punkten. Diese wurden jeweils zur Orientierung der SX10 verwendet. Da das Wohnhaus rechteckig ist, wurden die ersten vier Standpunkte annähernd auf die Ecken des Hauses verteilt. Der

erste Scan erfasste die Westseite des Gebäudes und die zwei hervorstehenden Terrassen. Der zweite Standpunkt wurde so gewählt, dass die Terrasse sowie die Süd-Fassade des Hauses gut sichtbar waren. Anschließend wurde der dritte Standpunkt so gewählt, dass die Einfahrt und die zwei Garagen erfasst werden konnten. Die vierte Position enthielt die westliche und nördliche Fassade. Der Laserscanner wurde so positioniert, dass beide Gebäudeseiten erfasst werden konnten. Dies war ausreichend für die Darstellung der nördlichen Gebäudeseite und zudem unterstützend für die Erfassung der westlichen Seite. Der fünfte Standpunkt stellte die noch fehlende Ostfassade des Gebäudes dar. Die beiden letzten Standpunkte wurden weiter entfernt vom Objekt gewählt, um das Dach des Gebäudes zu erfassen. Aufgrund des insgesamt relativ geringen Abstandes von durchschnittlich 10 bis 15 Meter zum Gebäude konnte das Objekt mit einer ausreichenden Punktdichte, für die Darstellung, aufgenommen werden. Hierbei wurde mit einem Raster von 6mm auf eine Distanz von 10m gemessen. Das Ergebnis der Messkampagne Brunnen ist in Abbildung 27 ersichtlich.



Abbildung 27: Screenshot der EFH-Punktwolke aus dem TBC (Eigene Darstellung 2018)

5.2.3.3 Auswertung, Bewertung und Weiterverarbeitung

Die Auswertung der Scans erfolgte im Trimble Business Center. Ein Problem war die Entscheidung zwischen „wichtigen“ und „unwichtigen“ Punkten in der Punktwolke. Da die Punktwolken aus Millionen von Einzelpunkten bestehen, galt es zu unterscheiden, welche Punkte zur Beschreibung des Objektes geeignet sind und welche aus dem Projekt entfernt werden müssen. Der Laserscanner bietet eine Reichweite von über 600m und nimmt somit auch Objekte in der Ferne auf. Mithilfe einer „Bounding Box“ wurden die gewünschten Bereiche definiert und alle Punkte außerhalb des Bereiches entfernt. Die Punktwolken

wurden im Ergebnis in beiden Projekten im Dateiformat „e57“ abgespeichert und dem Projektpartner Software Service John GmbH übergeben.

Die Firma Software Service John GmbH erstellte aus dem Brunnen und aus dem EFH jeweils ein texturiertes Symbol.

5.2.4 SketchUp Modellierung

Das Softwareprogramm SketchUp zur dreidimensionalen Erstellung von Modellen ist eine nützliche Ergänzung des Visualisierungsprogrammes VIS-All®3D. Es zeichnet sich durch einfache Konstruktionsmöglichkeiten aus. Aufgrund der vorhandenen Schnittstelle zu VIS-All®3D wurde entsprechend der Aufgabenstellung mit SketchUp ein Gebäude in der LoD3-Klasse modelliert. Das gewählte Objekt, kurz „Bürogebäude“ benannt, ist der Firmensitz der Vermessungsbüro Gabler GmbH.

Als Grundlage der Modellierung für das Bürogebäude lagen Grundrisse der einzelnen Etagen in Form von DXF-Dateien vor. Diese wurden vom Vermessungsbüro Gabler bereitgestellt und durften zur Bearbeitung genutzt werden (siehe Anhang Q).

5.2.4.1 Modellierung Bürogebäude

Bevor die Modellierung des Bürogebäudes beginnen konnte, wurde das Softwareprogramm SketchUp Pro von der Webseite heruntergeladen und installiert. Für die Durchführung dieser Modellierung im Programm SketchUp musste ein Lagebezug hergestellt werden. Hierfür wurde in VIS-All®3D das CityGML-Gebäude „Bürogebäude“ ausgewählt. Durch die integrierte Schnittstelle öffnet sich das CityGML-Gebäude automatisch in SketchUp (Abbildung 28).

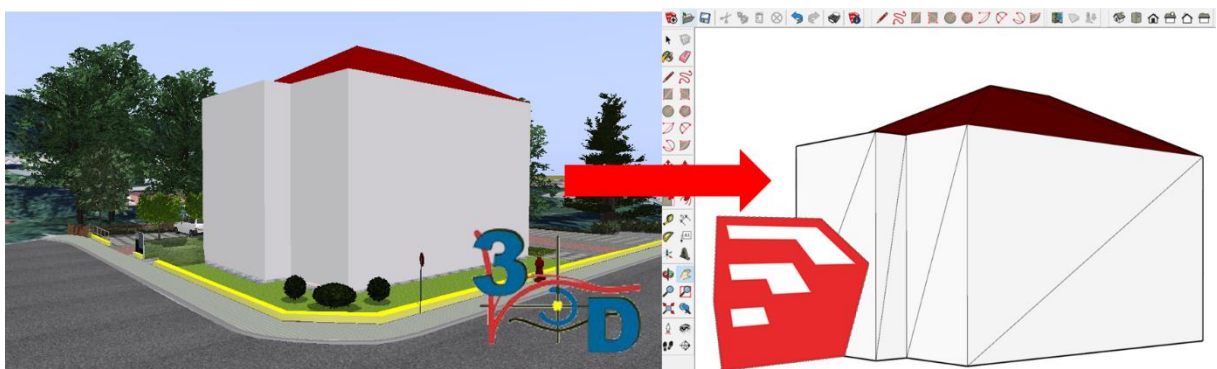


Abbildung 28: Von VIS-All®3D nach SketchUp (Eigene Darstellung 2018)

Dieser Ansatz wurde gewählt, um die Koordinaten des Gebäudes zu übernehmen. Da die CityGML-Daten auf der Grundlage der ALKIS-Daten (Kapitel 4.2.2.1) entstanden sind, entsprechen die Lagekoordinaten den Katasterkoordinaten. In SketchUp erfolgt nun die Ausrichtung der neuen Zeichenachse an einem festen Punkt des „Bürogebäudes“. Dazu wurde der südwestliche untere Eckpunkt des Gebäudes ausgewählt (Abbildung X). Dieser ist der Koordinatenursprung für den Aufbau des Modells.

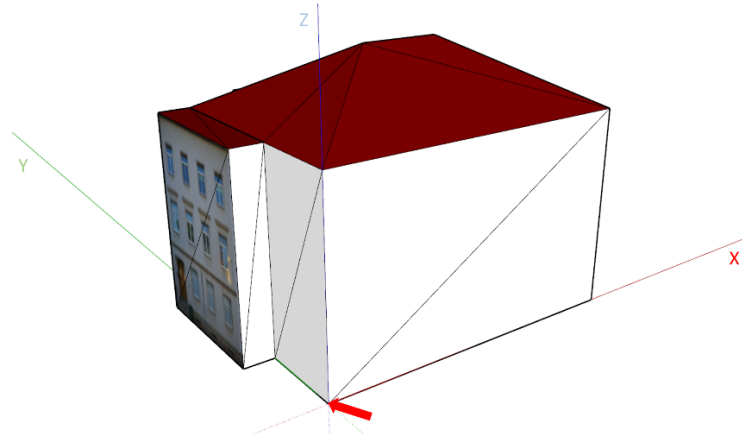


Abbildung 29: Neue Achse gesetzt (Eigene Darstellung 2018)

Anschließend wurden die DXF-Dateien der 4 Grundrisse importiert und verschiedenen Layern zugeordnet. Die vorliegenden DXF-Dateien waren nicht georeferenziert. Um die importierten Grundrisse zu georeferenzieren, wurden sie mit dem identischen Eckpunkt auf den Koordinatenursprung gezogen und in die richtige Lage gedreht (Abbildung 30).

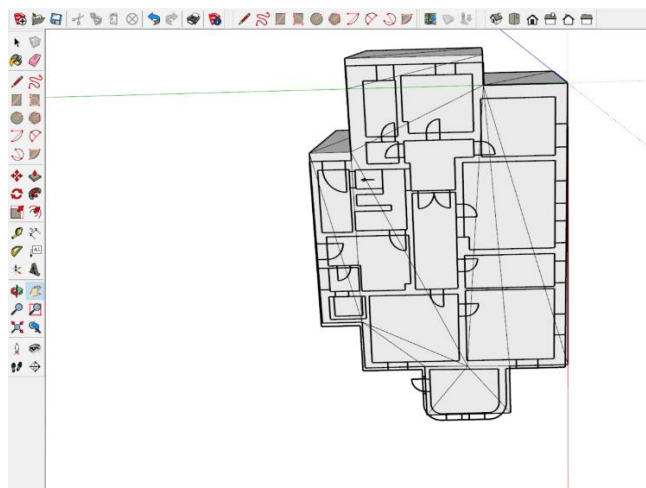


Abbildung 30: Einpassung der Grundrisse (Eigene Darstellung 2018)

Die Höhe der einzelnen Etagen wurde aus der tachymetrischen Vermessung (Kapitel 5.2.1.4) entnommen. Alle weiteren Streckenmessungen im Gebäude wurden mit dem Entfernungsmesser Leica „Disto X310“ vorgenommen. Ausgehend von der Etagenhöhe aus der „PKT-Datei“ wurden die Grundrisse entlang der Z-Achse auf ihre richtige Höhe verschoben. Im Anschluss wurden aus dem Mauerwerk Flächen erzeugt und auf die Raumhöhe extrudiert (Abbildung 31).

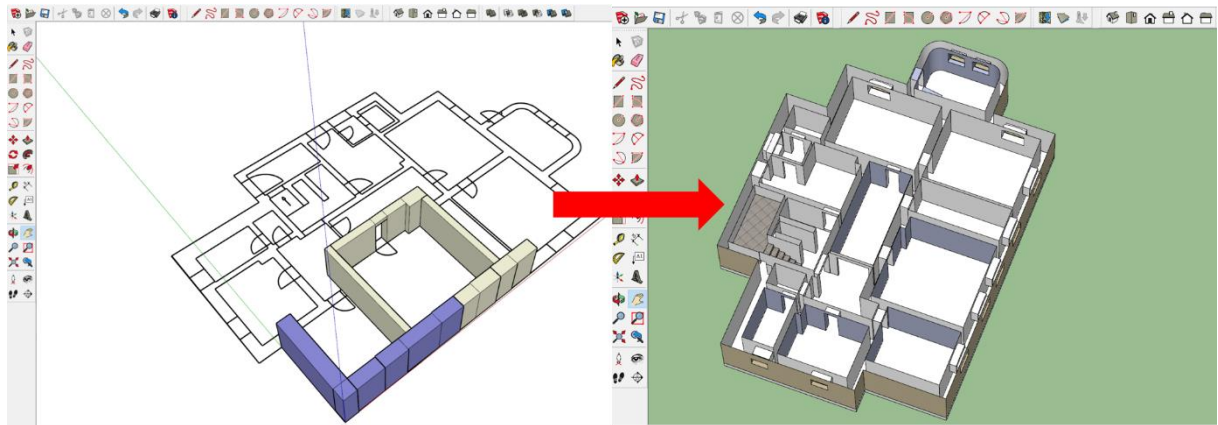


Abbildung 31: Flächen Extrusion (Eigene Darstellung 2018)

Die Zwischendeckenhöhe ergibt sich aus der Raumhöhe des unteren Geschosses und der Etagenhöhe des darüber liegenden Geschosses. So erfolgte Schritt für Schritt die Konstruktion der einzelnen Etagen und des Daches (Abbildung 32).

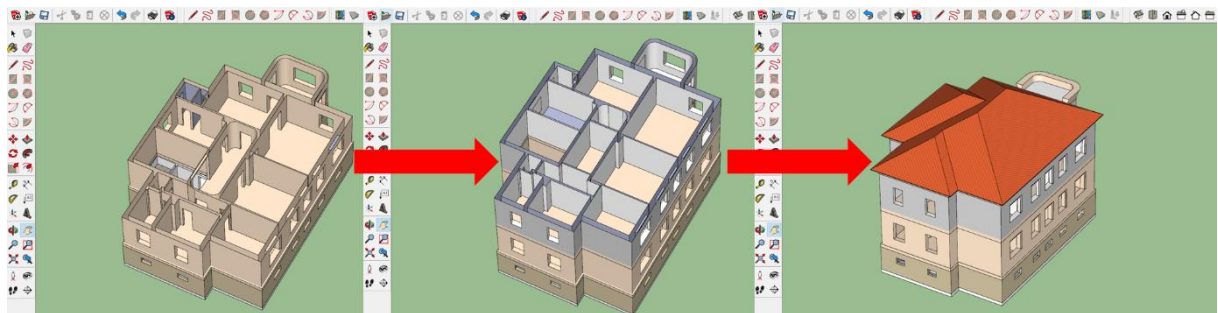


Abbildung 32 Etagenaußbau Schritt für Schritt (Eigene Darstellung 2018)

Während der Etagenkonstruktion wurden parallel die Fenster und Türen durch das Anlegen von Hilfslinien ausgeschnitten. Anschließend wurde die Kellertreppe konstruiert und texturiert. Auch die Wände erhielten Texturen mit einer dem Original entsprechenden Farbe. Für die Außenfarbe des Bürogebäudes wurde aus einem Foto der Farbwert abgegriffenen und übernommen.

Das so entstandene 3D- Modell des Gebäudes kann bei Bedarf künftig noch wesentlich detailgetreuer ausmodelliert werden. Der hier vorliegende Bearbeitungsstand erfüllt die in der Aufgabenstellung geforderte LoD3-Stufe und entspricht den Vorgaben für die Weitergabe in das Zielsystem.

5.2.4.2 Auswertung, Bewertung, Weiterverarbeitung

Es gibt zwei grundsätzlich unterschiedliche Varianten für die Verortung des Modells im Programm „SketchUp“. Dabei geht es ausschließlich um die spätere Integration in das Zielprogramm VIS-All®3D. Die erste Variante ist in Kapitel 5.2.4.1 beschrieben. In ihr wird die Georeferenzierung vom Softwareprogramm VIS-All®3D mitgeliefert und der Nutzer passt seine Achse und Ebenen dem importierten Objekt an. Die zweite Variante wäre die lokale dreidimensionale Konstruktion im Programm SketchUp. Der Nutzer müsste bei dieser Variante das Modell nachträglich in SketchUp verorten. Dafür wird, wie in Abbildung 33 verdeutlicht, ein Geostandort festgelegt.

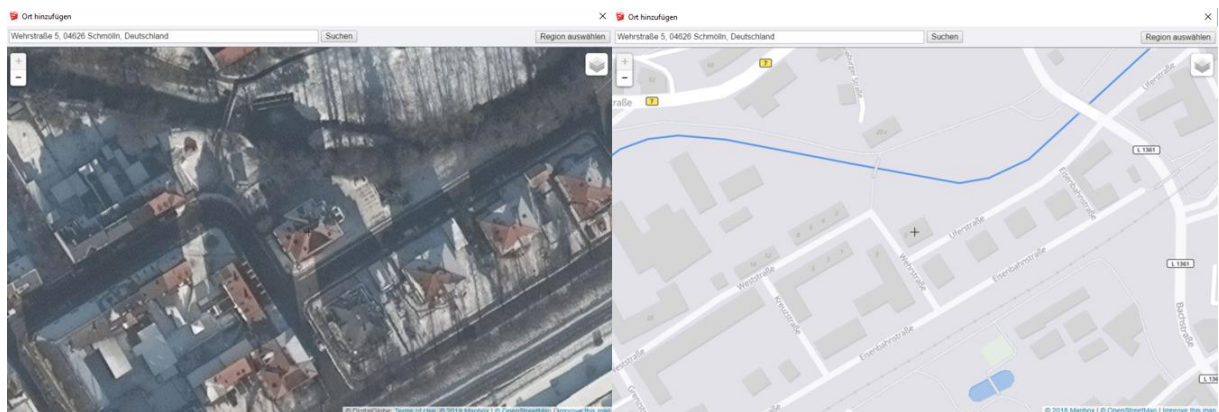


Abbildung 33: Wahl des Geostandortes in SketchUp (Screenshot aus SketchUp 2018)

Für die Lage Wahl des Geostandortes können zwei Arten von Karten (Satellit oder Landkarte) gewählt werden (Abbildung 33).

Aufgrund der direkten Anbindung beider Softwareprodukte wurde die erste Variante gewählt.

Durch die Innenraumkonstruktion in Form von ausgeschnitten Fenstern und Türen sowie der Modellierung der Treppe wurde zusätzlich auf einen besseren Detaillierungsgrad hingewiesen. Diese Form der Innenraumausgestaltung entspricht bereits der LoD4-Klasse. Es soll aufgezeigt werden, was möglich ist.

Die 30 Tage laufende Testversion, die von SketchUp Pro verwendet wurde, war ausreichend für die Bearbeitung des Projektes. Sollte der Nutzer über einen längeren Zeitraum mit diesem

Programm arbeiten, ist der Erwerb einer Lizenz ratsam. Nach dem Ablauf der Testversion steht SketchUp lediglich als Viewer zur Verfügung.

6. Import der Geodaten / Texturen in VIS-All® 3D

In den folgenden Kapiteln wird nachvollziehbar erläutert, wie die „Offenen Geodaten“ des Landes, die verfügbaren raumbezogenen Daten der Projektpartner und die durch ergänzende Datenerfassung gewonnenen Geodaten in die Zielsoftware VIS-All®3D implementiert wurden.

In der Abbildung 34 ist die Vernetzung der Schnittstelle schematisch dargestellt.

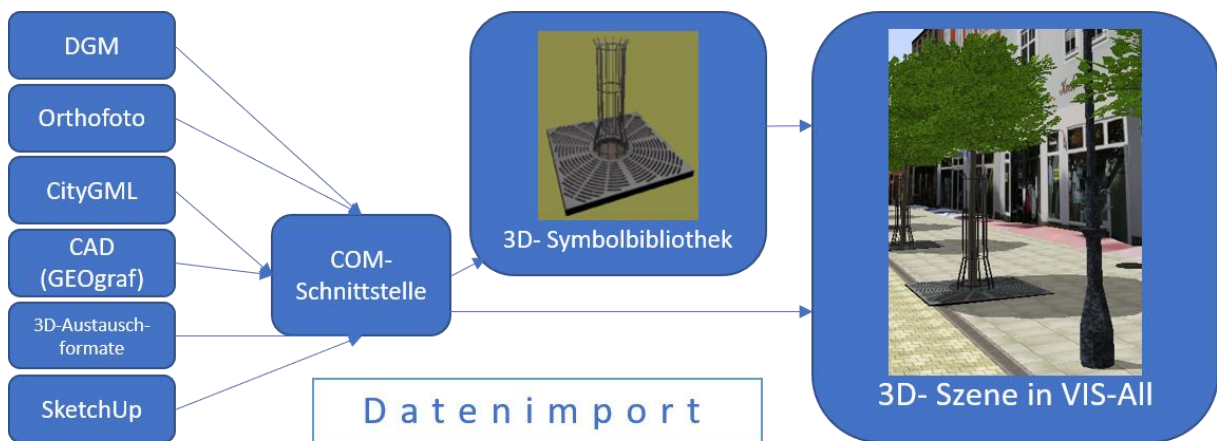


Abbildung 34: Datenimport (Eigene Darstellung 2018)

6.1 „Offene Geodaten“

Die genutzten „Offenen Geodaten und deren Beschaffung ist in Kapitel 4 ausführlich beschrieben. In den hier folgenden Unterkapiteln wird der Import dieser Daten erläutert.

6.1.1 DGM-Import

Das Geländemodell ist ein essentieller Bestandteil der realistischen Darstellung einer 3D-Szene. Wie in Kapitel 4.2.2.2 beschrieben, wurden dazu die für den Import vorbereiteten DGM-Dateien nach VIS-All®3D importiert. Dazu wurde in VIS-All®3D die Import-Schnittstelle geöffnet und über *Raster-DGM* die DGM-Dateien ausgewählt und importiert. Bei dem Import dieser Dateien wird jedem DGM ein *Horizont* zugewiesen. Je nach DGM-

Klassifikation kann dies einige Minuten dauern. In Abbildung 35 wird dargestellt, wie nach und nach alle vorbereiteten DGM- Dateien als Horizonte in VIS-All®3D erscheinen.

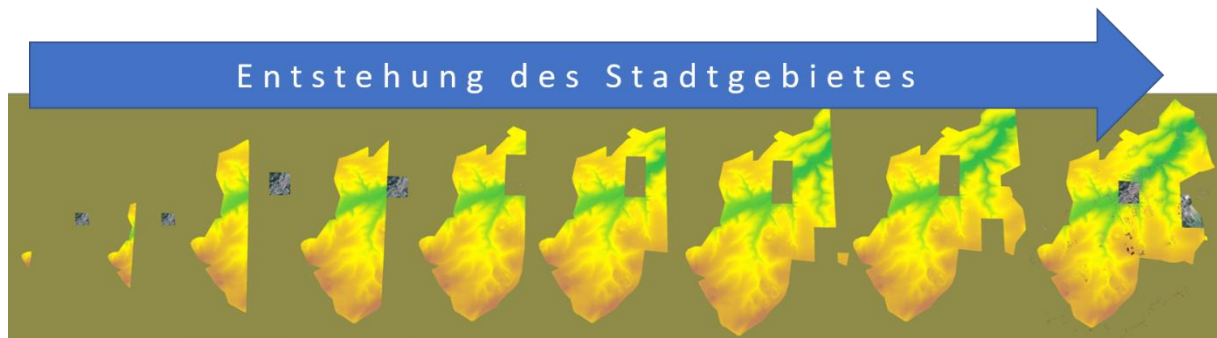


Abbildung 35: Entstehung des Stadtgebietes auf DGM-Basis (Eigene Darstellung 2018)

Während des Datenimports war darauf zu achten, dass keine gemeinsamen Horizonte entstehen, da ansonsten für Bearbeitungs- oder Präsentationszwecke die einzelnen Horizonte nicht ein- bzw. ausgeschaltet werden können. Hierfür muss in den *Import-Optionen* „Nein“ bei *gemeinsamen Horizont erzeugen* ausgewählt werden.

Wie in Kapitel 4.2.2.1 erwähnt wurden die DGM2-Datensätze für insgesamt zwei Horizonte verwendet. Diese Horizonte sollten mithilfe der „Offenen Geodaten“ bestmöglich abgebildet werden. Hier handelt es sich um den Büro- und Marktbereich sowie um das Gelände am EFH (Kapitel 5.2.3.2).

Für alle weiteren Horizonte wurden DGM25-Datensätze importiert.

Die folgende Aufgabe bestand darin, die Orthofotos auf ihre entsprechenden Horizonte zu legen.

6.1.2 Orthofoto-Import

Orthofotos liefern eine verzerrungsfreie und maßstabsgetreue Abbildung der Erdoberfläche. Sie sind somit eine geeignete Oberflächendarstellung in Kombination mit dem Geländemodell. In Kapitel 4.1.2 wird die Bearbeitung der einzelnen georeferenzierten Bilder beschrieben. Diese vorbereiteten Orthofotos wurden in VIS-All®3D über die Funktion *Textur-Editor* eingeladen. Anschließend wurde *Orthofoto* eingestellt und die Textur auf dem markierten *Horizont* abgelegt. Bei diesem Schritt wurde sofort sichtbar, ob sich die Textur an der richtigen Stelle befindet.

In Abbildung 36 ist das gesamte texturierte Schmöllner-Verwaltungsgebiet abgebildet.



Abbildung 36: Das Schmöllner-Stadtgebiet als texturiertes digitales Geländemodell (Eigene Darstellung 2018)

Ein Zuschnitt der Orthofotos war nicht nötig, da diese als georeferenzierte Textur nur auf dem bereits geladenen Horizont visualisiert werden.

Nachdem die Orthofotos und die DGM-Horizonte erfolgreich verknüpft waren, konnten die 3D-Gebäudedaten implementiert werden.

6.1.3 3D-Gebäudedaten - Import

Um eine realistisch wirkende 3D-Umgebung des gesamten Verwaltungsgebietes der Stadt Schmölln zu simulieren, müssen die 3D-Gebäudedaten eingepflegt werden. So entsteht auf dem DGM-Horizont, der mit dem Orthofoto verknüpft ist, ein „Klötzchenmodell“, das für beliebige Analysen, wie Sichtachsen, Hochwasser, Bauplanung usw., verwendet werden kann. Um die Gebäudedaten zu importieren, wird im Programm VIS-All@3D die Import-Schnittstelle geöffnet. Anschließend werden über die Funktion *CityGML* die CityGML-Dateien ausgewählt und importiert. Der Import der 22 Gebäudedatensätze kann durch die Datenmengen einige Minuten andauern. Wie in Kapitel 4.3.1 bereits erwähnt mussten die über dem Gebietsrand stehenden Gebäude in VIS-All@3D händisch entfernt werden. Von insgesamt 13022 Gebäudemodellen wurden die Daten auf 10800 Gebäudemodelle reduziert.

Die folgende Abbildung 37 zeigt an einem Beispiel das Entfernen der ca. 2220 Gebäude außerhalb des Gemeindegebietes.

Somit ist das gesamte Verwaltungsgebiet der Stadt Schmölln mittels der „Offenen Geodaten“ als Grundgerüst eines 3D Stadtmodells visualisiert. Das Modell steht für die weitere Verfeinerung der Daten bereit.

Zur Verfeinerung des 3D- Stadtmodells werden, wie in den Kapiteln 6.1.1 bis 6.1.3 näher beschrieben, terrestrische Vermessungsdaten in VIS-All®3D implementiert. Zum Importieren dieser Vermessungsdaten standen die Lage- und Höhenpläne des Bürogeländes (Kapitel 5.2.1) und des Schmöllner Marktes (Kapitel 5.1.1) als GEOgraf-Projekte zur Verfügung.

Für den Datenimport in VIS-All®3D wurde der *GEOgraf-Loader* genutzt. Zum Importieren der einzelnen Elemente konnte im *GEOgraf-Loader* unter dem Reiter *Blatt* nach

gewünschten Arten und Ebenen selektiert werden. Durch diese nützliche Unterscheidung konnten die unterschiedlichen Elemente systematisch eingelesen werden. Für eine genauere Beschreibung und Funktionsweise des GEOgraf-Loaders wird auf das VIS-All-Handbuch verwiesen.

Nach dem Start des Imports öffnete sich für jedes Element die 3D-Symbolbibliothek. In dieser wird jeder Punkt-, Linien- oder Flächenart ein 3D-Symbol zugewiesen, welches bereits repräsentativ für die jeweilige Art in VIS-All®3D erzeugt wurde.

Im Kapitel 6.2.4 wird aufgezeigt, welche weiteren Bearbeitungsschritte durchgeführt wurden, um die 3D-Umgebung an ausgewählten Beispielen so detailgetreu und genau wie möglich darzustellen.

6.2.1 Flächen

In GEOgraf werden Flächen als Objekte dargestellt. Diese flächenartigen Objekte dienen nach ihrem Import in VIS-All®3D dazu, Pflaster, Asphalt und jegliche andere Oberflächenbeschaffenheit darzustellen. In Kapitel 6.3.2 wird beschrieben, wie diese Objekte texturiert wurden.

Jedes Objekt ist durch seine Objektart eindeutig definiert. Diese nach Art und Ebene unterschiedlich deklarierten flächenartigen Objekte wurden über den *GEOgraf-Loader* in das VIS-All-Projekt geladen. Diese Objekte wurden in ihre Art und Ebene separiert und einzeln importiert sowie der jeweiligen Fläche in der Symbolbibliothek zugewiesen.

Abbildung 39 zeigt am Beispiel des Marktes die importierten flächenartigen Objekte in VIS-All®3D.

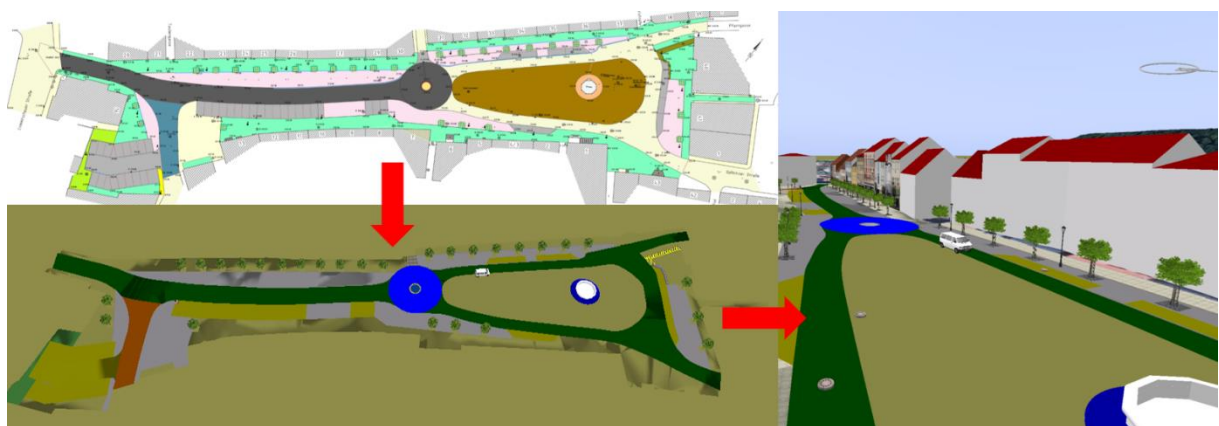


Abbildung 39: Importierte Flächen am Beispiel Markt (Eigene Darstellung 2018)

Beim Import der flächenartigen Objekte ist zu beachten, dass sie, sobald sie ein weiteres flächenartiges Objekt komplett umschließen, nicht dargestellt werden können. Diese müssen zuerst in GEOgraf in mindestens zwei eigenständige Objekte unterteilt werden. (Abbildung 40).

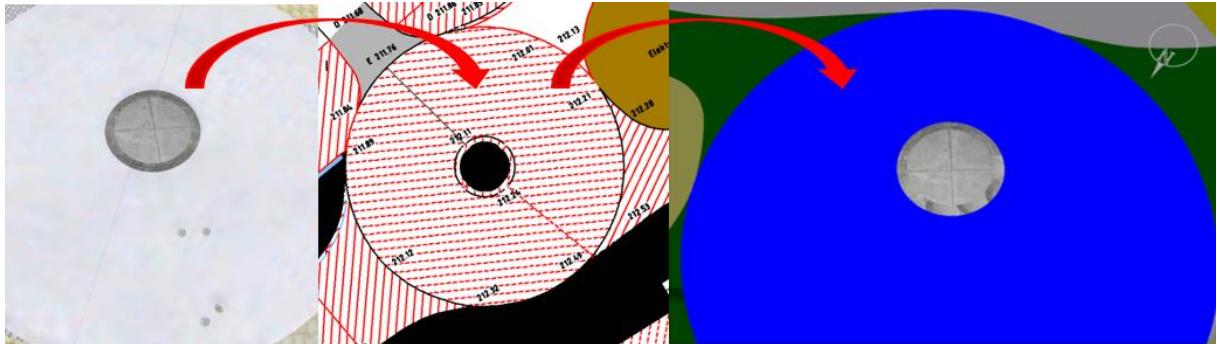


Abbildung 40: Problemlösung Einschluss von Objekten (Eigene Darstellung 2018)

Nach der Lösung dieses Problems und dem Import aller Flächen des Marktbereiches und Bürogeländes standen diese Flächen für die Texturierung bereit.

6.2.2 Linien

Nach dem gleichen Schema wie bei den Flächen wurden die Linien über den *GEOgraf-Loader* in das Zielsystem VIS-All®3D importiert. Die Linien wurden wie die Flächen in Art und Ebene aufgeteilt. Diese wurden einzeln eingelesen und dazu im 3D-Symbolkatalog der passende linienbasierte Symboltyp ausgewählt. Wie in Abbildung 41 ersichtlich können das beispielsweise Geländer oder Zäune sein.

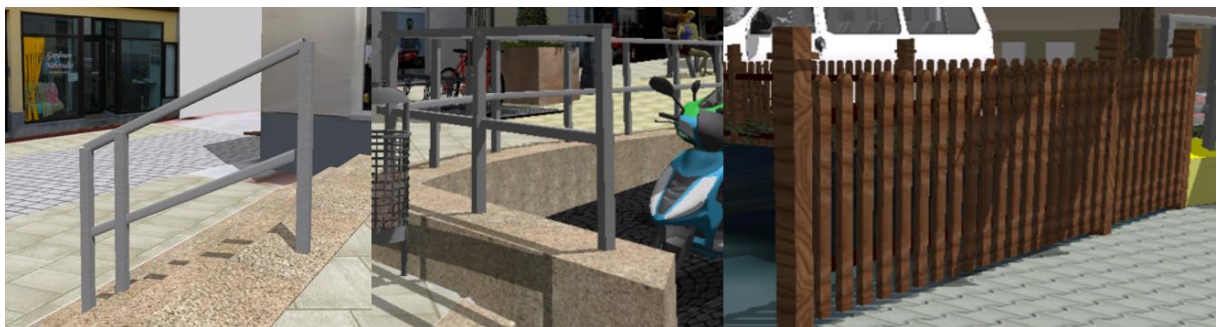


Abbildung 41: Visualisierung Zaun und Geländer aus Linien (Eigene Darstellung 2018)

Des Weiteren konnte durch den Import von Linien das Kanalsystem im Marktbereich visualisiert werden. Die Linien wurden in vier verschiedenen Arten aufgeteilt, die unterschiedliche Materialien, Durchmesser und den Zweck aufweisen. Diese Arten wurden gesondert eingeladen und auf ihre Dimensionen angepasst.

Zu beachten ist, dass VIS-All®3D die Mitte der Leitungen auf den gemessenen Punkt legt. Gemessen werden diese Punkte allerdings nicht in der Mitte der Leitung, sondern auf der Unterkannte. Dieser Höhenunterschied wurde im Vorfeld in den Höhen editiert.

In Abbildung 42 ist der Kanalplan und die Visualisierung in VIS-All®3D ersichtlich.



Abbildung 42: Visualisierung des Kanalplans in VIS-All®3D (Eigene Darstellung 2018)

6.2.3 Punkte

Die Punkte dienen der Darstellung einzelner Objekte. Jeder eingelesene Punkt ist durch seine Punktattribute vordefiniert. Die Punkte können so in Art und Ebene unterschieden werden. Jeder einzelnen Punktart wird somit ein 3D-Symbol aus der 3D-Symbolbibliothek zugeordnet. Dieses Symbol kann beispielsweise ein Schild, eine Lampe, ein Schacht, ein Hydrant oder ein Baum sein. Die Bäume und Büsche wurden anschließend in ihrer Höhe und Dimension in der Zielsoftware angepasst.

In der folgenden Abbildung 43 wird deutlich, wie Punkte nach ihren Attributen als VIS-All® 3D- Symbole visualisiert werden.



Abbildung 43: Importierte Punkte (Eigene Darstellung 2018)

6.2.4 Verfeinerung

In diesem Unterkapitel wird dem Nutzer aufgezeigt, welche weiterführenden Bearbeitungsschritte durchgeführt wurden, um die 3D-Umgebung ortsspezifisch und realitätsnah darzustellen.

6.2.4.1 Konstruktion stadtspezifischer 3D- Symbole

Ein wichtiger Bestandteil eines dreidimensionalen Stadtmodells sind ortsspezifische Objekte. Im Stadtgebiet der Stadt Schmöln wurden spezielle Baumschutzgitter verbaut und stadtbildprägende Pflanzkübel mit Zypressen bepflanzt. Ebenso ist der Marktbrunnen ein Ortsbildprägendes Objekt. Da in der 3D- Symbolbibliothek von VIS-All®3D diese spezifischen Objekte nicht vorhanden waren, mussten diese eigenständig erzeugt werden. In Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Software Service John GmbH wurden die Baumschutzgitter und der Stadtbrunnen jeweils als Symbol erzeugt. Die Pflanzkübel wurden in drei verschiedenen Größen anhand ihrer Abmessungen und unter Verwendung von Fotografien als Texturen in der Software VIS-All®3D konstruiert.

In Abbildung 44 sind die beiden konstruierten Objekte dargestellt.



Abbildung 44: Konstruierte stadtspezifische Objekte (Eigene Darstellung 2018)

Abschließend wurden diese Objekte der 3D-Symbolbibliothek hinzugefügt und im Modell platziert. Insgesamt wurden so 28 Baumschutzgitter, 7 große-, 23 mittelgroße- und 6 kleine Pflanzkübel mit Zypressen zur Verfeinerung des 3D Modells implementiert. Diese Symbole können im Zielsystem, falls nötig, ausgerichtet werden.

Abbildung 45 zeigt, dass die Symbole, die in X-, Y-, Z- Richtung verschoben werden können und ein Rotationswerkzeug, mit dem das Symbol in alle Richtungen gedreht werden kann.



Abbildung 45: Ausrichten der Symbole (Eigene Darstellung 2018)

6.2.4.2 Konstruktion der Markttreppe

Am Beispiel der ortsbildprägenden Treppe auf dem Markt sollte im Rahmen dieser Bachelorarbeit aufgezeigt werden, wie aus Messdaten 3D- Objekte, wie Treppen und Mauern konstruiert werden können. Die Ausgangskordinaten wurden dem Lage- und Höhenplan des Marktes (siehe Anhang K) entnommen. Die Höhe und die Anzahl der Stufen wurden in der Örtlichkeit ermittelt. Somit konnten im Programm GEOgraf für die Stufen und die Stützmauer sechs unabhängige Objekte (Flächen) gebildet werden (Abbildung 46).

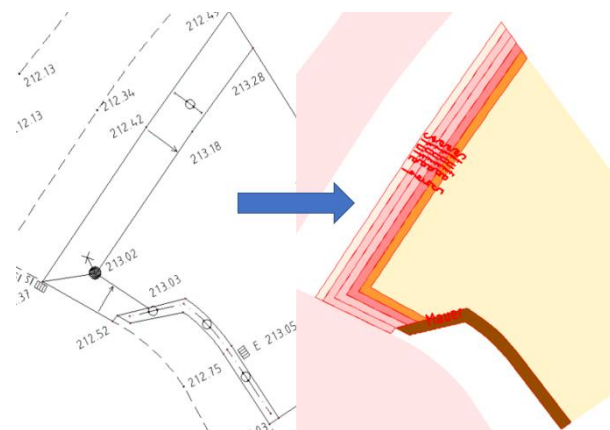


Abbildung 46: Konstruktion Treppen- und Mauerflächen (Eigene Darstellung 2018)

Diese flächenhaften Objekte wurden, wie in Kapitel 6.2.1 beschrieben, in die Zielsoftware importiert. In VIS-All@3D wurden die entstandenen fünf Stufenflächen und eine

Mauerfläche mit Hilfe der „längen Extrusion“ senkrecht nach unten extrudiert. Das Ergebnis ist in Abbildung 47 zu sehen.

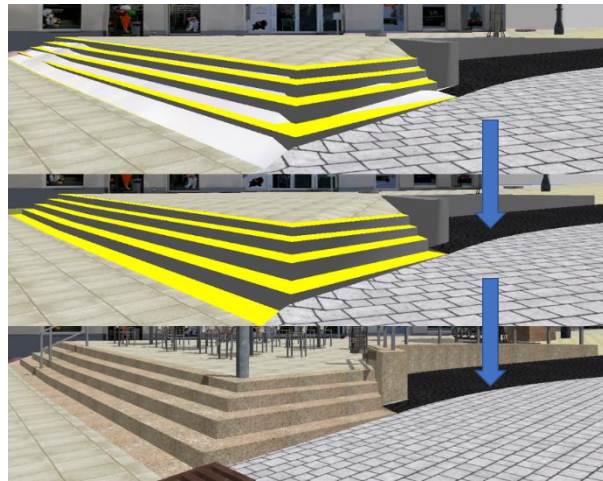


Abbildung 47: Verfeinerung Treppe (Eigene Darstellung 2018)

Wie im oberen Drittel der Abbildung deutlich wird, störte das grob interpolierte DGM des Lage- und Höhenplanes. Um dieses Problem zu lösen, wurden im Bereich der Treppe fünf tiefere Hilfspunkte gesetzt, das DGM neu vermascht und in VIS-All®3D zurückimportiert. Abschließend wurde die entstandene Treppe und die dazugehörige Schutzmauer mit den aus Fotografien erzeugten Texturen belegt.

Diese Bearbeitungsschritte erfolgten auch an der Stützwand und dem Kellereingang des Bürogebäudes.

6.2.4.3 Qualitätsverbesserung DGM

Zur weiteren Verfeinerung des 3D- Modells wurde das DGM2 der Ausgangsdaten im Innenstadtbereich bearbeitet und ausgetauscht. Hierfür wurden die Punktdaten der beiden Lage- und Höhenpläne, Markt (Kapitel 5.1.1) und Bürogelände (Kapitel 5.2.1), in GEOgraf eingelesen. Für jeden dieser beiden Bereiche wurde ein Gebietsrand festgelegt. Hierzu wurden rings um den jeweiligen Bereich die äußersten Punkte mit einer Linie verbunden. Im folgenden Schritt wurden alle Punkte ausgeblendet und die Punktdaten des DGM2 der „Offenen Geodaten“ (Kapitel 4.2) in GEOgraf eingelesen. Anschließend wurden alle Punkte des DGM2, die innerhalb der beiden Bereichsgrenzen lagen, gelöscht. Danach wurden die Punktdaten der beiden Lage- und Höhenpläne erneut eingeblendet. Zu beachten ist, dass nur Punkte verwendet werden, die eine exakte Höhe aufweisen und die für das DGM gebraucht werden. Nach Selektion dieser Punkte wurde durch Vermaschung ein DGM erzeugt und das GEOgraf-Projekt abgespeichert.

In Abbildung 48 ist der abstrahierte Ablauf der Lage- und Höhenplanimplementierung in das DGM ersichtlich.

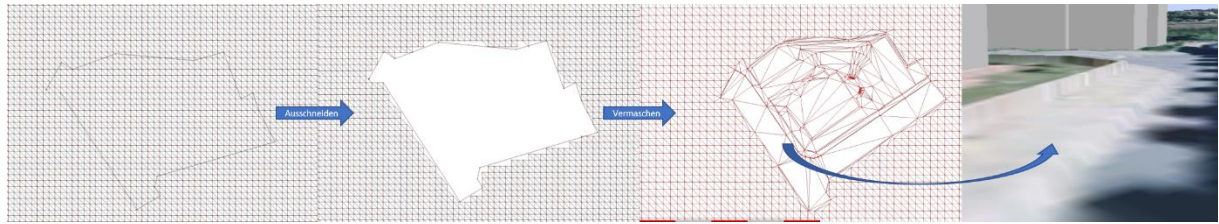


Abbildung 48: Abstrahierter Ablauf der Lage- und Höhenplanimplementierung in das DGM / Visualisierung
(Eigene Darstellung 2018)

Wichtig ist, dass bei der Übernahme in VIS-All®3D unter dem Reiter *Blatt* nur die Linien aus der „DGM Ebene“ aus Geograf zu übernehmen sind. Dies sorgt für eine gleichmäßigere Oberfläche. Außerdem muss unter dem Reiter *Optionen*, Übernahme der Haken bei *DGM* gesetzt werden. Nach dem Import der neuen DGM-Kachel in VIS-All®3D wurde dieselbige, wie in Kapitel 6.1.2 beschrieben, erneut mit dem entsprechenden Orthofoto texturiert.

6.3 Photogrammetrische Messung

In diesem Kapitel wird aufgezeigt, wie die erfassten und verarbeiteten photogrammetrischen Daten aus Kapitel 5.2.2 in die Zielsoftware implementiert werden. Hierzu wurden die berechneten Orthofotos auf ihre Bestimmungsflächen gelegt. Die LoD2- Gebäudemodelle wurden, beispielhaft in den dafür ausgewählten Bereichen, mit ihren fotografierten, entzerrten und retuschierten Bilddateien texturiert. Im Weiteren wird der Import des photogrammetrisch erzeugten 3D – Modells des Schmöllner Stadtbrunnens in die Zielsoftware VIS-All®3D erläutert.

6.3.1 Import Brunnen

Das im Programm „Photoscan“ erzeugte 3D- Modell des stadtbildprägenden Brunnens soll in die VIS-All®3D Projektumgebung übernommen werden. Hierzu wurde, wie in Kapitel 5.2.2.3 beschrieben, eine Datei erzeugt. Für die Übernahme in VIS-All®3D wurde die Objekt-Datei verwendet. Diese wurde über *Import, 3D-Austauschformate* ausgewählt und in die Zielsoftware eingeladen. Durch die Georeferenzierung wird das texturierte 3D-Modell am tatsächlichen Standort erzeugt und platziert.



Abbildung 49: Implementierung des Stadtbrunnens / Ansicht mit Verfeinertem DGM (Eigene Darstellung2018)

Abbildung 49 zeigt den implementierten Brunnen. Wie im Bild sichtbar, stört das grob interpolierte DGM. Dieses wurde im Programm GEOgraf, wie auch in Kapitel 6.2.4.2 beschrieben, an der entsprechenden Stelle korrigiert.

6.3.2 Import Texturen

Um die 3-D Umgebung des Gemeindegebietes fotorealistisch zu gestalten wurden Flächen in den Bearbeitungsgebieten Markt und Bürogelände mit Texturen belegt. Zu diesen Flächen gehören alle importierten flächenhaften Objekte aus Geograf sowie auch Mauern und Treppen, weiterhin die Fassaden und Dächer der LoD2- Gebäudemodelle. Die, wie in Kapitel 5.2.2.3 beschrieben, vorbereiteten Texturen der Örtlichkeit wurden daraufhin auf ihre zugehörigen Fassaden, Dächer und Flächen gelegt. Hierfür wurde in der Zielsoftware die jeweilige Textur in das Fenster *Texturen* geladen und anschließend auf die Flächen übertragen. Nach der Zuweisung sind die Größenverhältnisse der Texturen oft nicht örtlichkeitsgetreu. Mit dem Tool *Texturkoordinaten bearbeiten* wurden die Texturkoordinaten verschoben, gedreht und skaliert, bis jede einzelne Textur auf ihrer annähernd tatsächliche Größe und Lage auf der Fläche eingepasst war. Für weitere

Funktionen im Fenster *Texturen* und Details der Flächenzuordnung und Einstellungen wird auf das VIS-All®3D Handbuch verwiesen.



Abbildung 50: Texturierung aller Flächen (Eigene Darstellung 2018)

Abbildung 50 zeigt den Marktbereich vor- und nach der Texturierung. Zur Texturierung der gewählten Bereiche wurden 466 Texturen eingepasst.

6.3.3 Import Orthofotos

Zur Optimierung der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Texturen wurden für zwei ausgewählte Fassaden Orthofotos erzeugt. Diese geometrisch korrekten Fassadenabwicklungen wurden als Textur eingeladen und auf die entsprechenden 3D-Gebäude Rathaus und Feuerwehrturm aufgebracht. Auf diesen Fassaden sind somit keine Verzeichnungen erkenntlich; sie sind maßstabsgetreu und ohne Objektivverzerrung. Fenstergewände, Gauben und stark strukturierte Fassaden lassen sich somit optimal darstellen.

6.4 Scandaten

In diesem Kapitel wird erläutert, wie die erfassten und weiterverarbeiteten Scandaten (Kapitel 5.2.3) in die Zielsoftware übertragen wurden. Die Ausgangsdaten für den Import in VIS-All®3D sind die durch den Projektpartner Software Service GmbH bereitgestellten texturierten 3D-Symbole für das EFH und den Stadtbrunnen.

Die beiden Symbol-Dateien wurden in die 3D-Symbolbibliothek geladen und konnten somit in VIS-All®3D eingefügt werden. Das Brunnensymbol wurde über einen in GEOgraf erzeugten Mittelpunkt des Brunnens importiert. Das EFH wurde anhand des Orthofotos in die Umgebung eingepasst.

In Abbildung 51 ist das 3D-Modell des Stadtbrunnens im Vergleich zu den realen Objekten dargestellt.



Abbildung 51: Vergleich Original und 3D-Modell des Stadtbrunnens (Eigene Darstellung 2018)

In der Abbildung 52 ist das 3D-Modell des EFH im Vergleich zum realen Objekt ersichtlich.



Abbildung 52: Vergleich Original und 3D-Modell des EFH (Eigene Darstellung 2018)

Die Implementierung dieser beiden 3D- Modelle als Symbol im Stadtmodell diene der Visualisierung und dem Wirtschaftlichkeitsvergleich.

6.5 SketchUp Modell

Wie in Kapitel 5.2.4 näher erklärt, wurde das Bürogebäude in dem Softwareprogramm SketchUp modelliert. Das Objekt ist georeferenziert und konnte deshalb auf einfachem Weg zurück an VIS-All®3D übergeben werden. Hierfür wurde in SketchUp ein Plugin installiert, welches im VIS-All®3D -Setup enthalten war. Das Bürogebäude wurde über dieses Plugin zurück in die Zielsoftware VIS-All®3D exportiert (Abbildung 53).



Abbildung 53: Von SketchUp nach VIS-All®3D (Eigene Darstellung 2018)

Das Bürogebäude wurde wie geplant zur Visualisierung in die Zielsoftware implementiert und steht für Schatten- und Sichtachsenanalyse sowie weitere Analysemöglichkeiten zur Verfügung.

Weiterhin können auch, wie in Abbildung 54 dargestellt, in VIS-All®3D alle in SketchUp angelegten Layer zur Visualisierung und Präsentation der einzelnen Etagen ein- und ausgeblendet werden.

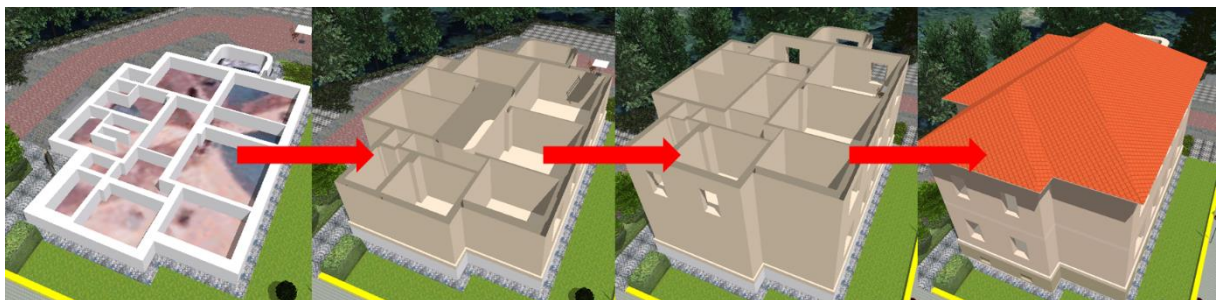


Abbildung 54: Präsentation der einzelnen Etagen in VIS-All®3D (Eigene Darstellung 2018)

Durch den einfachen Datentransfer zwischen SketchUp und VIS-All®3D können solche Modelle immer wieder zwischen den beiden Programmen ausgetauscht und weiterbearbeitet werden.

7. Export

In diesem Kapitel soll erläutert werden, welche Export- und Präsentationsmöglichkeiten für das Schmöllner 3D-Stadtmodell genutzt werden können.

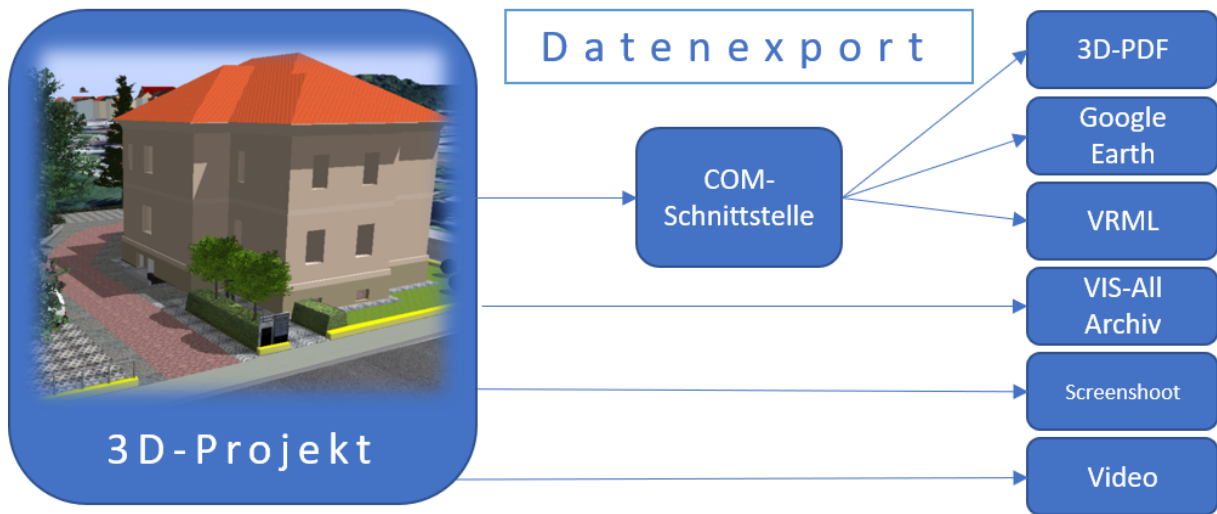


Abbildung 55: Datenexport (Eigene Darstellung 2018)

Der Datenexport aus der Software VIS-All®3D erfolgt über die programminterne COM-Schnittstelle. In der Abbildung 55 ist die Vernetzung dieser Schnittstelle für die jeweiligen Export-Formate schematisch dargestellt.

Zur Sicherung des Projekts wird in regelmäßigen Abständen eine VIS-All® Archiv - Datei erzeugt und abgespeichert. Hierbei werden alle genutzten Daten, Symbole und angehängenen Dateien archiviert. Dieser Schritt ermöglicht einen fehlerfreien und vollständigen Austausch der Projektdaten. Im Ergebnis kann das VIS-All-Projektarchiv an dritte weitergegeben werden. Der Empfänger benötigt für diesen Weg die vollständige Software oder er nutzt den Viewer VIS-All® Info.

Der „Screenshot“ ist eine effektive Funktion zur Datenpräsentation. Er ist eine aktuelle Momentaufnahme des Bildschirms. Somit wird der Inhalt, der im Moment der Erzeugung auf dem Bildschirm dargestellt wird, festgehalten und abgespeichert. Anhand solcher Bilder wurden im Laufe des Projektes diverse Präsentationen angefertigt.

Zusätzlich bietet VIS-All®3D die Möglichkeit, einen Film abzuspeichern und diesen zu präsentieren. Dafür muss eine Kamerafahrt mit Animationen erstellt werden, welche als AVI-Format abgespeichert wird und mit nahezu allen etablierten Programmen wiedergegeben werden kann. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde ein Film angefertigt, der das Stadtgebiet abbildet.

Zudem besteht die Möglichkeit, ein 3D-PDF für die Datenweitergabe zu erstellen. Diese Kombination bietet den Nutzern neben den Funktionen von Texten und Bildern auch einen 3D- Bereich. Die 3D-Ansicht kann nach Belieben vergrößert und gedreht werden. Animationen sowie Simulationen können abgespielt werden.

Eine weitere Exportfunktion ist die VRML-Datei. VRML-Szenen können auf beliebiger Hardware verwendet werden, insofern der Browser ein entsprechendes Plugin besitzt.

Der Export nach Google Earth macht es möglich, das Stadtmodell für eine große Nutzergruppe bereitzustellen.

8. Genauigkeitsanalyse der „Offenen Geodaten“

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit sollte eine Analyse der tatsächlichen Genauigkeit des im Modell verwendeten LoD2-CityGML - Datensatzes und des DGM2-Datensatzes an einigen ausgewählten Beispielen durch den Vergleich mit einer terrestrischen Vermessung erfolgen. Dazu wurden am Feuerwehrturm und am Rathaus entsprechende Kontrollpunkte definiert und terrestrisch bestimmt. Alle Werte der folgenden Tabellen sind in Metern angegeben.

Die Lage der Kontrollpunkte und die dazugehörigen Punktnummern können in Abbildung 23 (Kapitel 5.2.2.3) eingesehen werden.

8.1 Vergleich Lage LoD2 / terrestrische Vermessung

Zuerst wurde eine Lagegenauigkeitsanalyse für die LoD2-Daten am Beispielgebäudemodell „Fahrrad- Schulze“ durchgeführt. Hierbei wurde die Lage des „Klötzchens“ im Modell abgegriffen und mit den gemessenen Lagekoordinaten des vorhandenen Bestandsplans „Markt“ verglichen.

Koordinatenabweichung ALK zu LoD2		Koordinatenabweichung ALK zu Lageplan	
Rechtswert	Hochwert	Rechtswert	Hochwert
0	0	2,18	-0,19
0	0	1,22	-0,65

Tabelle 6: Vergleich Lage LoD2 / terrestrische Vermessung

Die Koordinaten weichen an der rechten und linken Gebäudeecke erheblich ab. Diese Differenzen sind der Tatsache geschuldet, dass die Lage der LoD2-Gebäudemodelle, wie auch in Kapitel 4.3.3.2 beschrieben, aus dem amtlichen Liegenschaftskataster entnommen

wurde. Die Koordinaten des Beispielgebäudes „Fahrrad-Schulze“ stammen aus der Digitalisierung und Homogenisierung historischer Karten. Die vollständige Koordinatentabelle ist in Anhang R ersichtlich.

8.2 Vergleich Traufhöhe LoD2 / terrestrische Vermessung

Zum Vergleich der Draufhöhen wurden am Rathaus und am Feuerwehrturm entsprechende Passpunkte bestimmt. Die Draufhöhen und Lagekoordinaten der LoD2-„Klötzchen“ wurden im 3D-Modell abgegriffen und mit den Messwerten verglichen.

Punktnr.	Koordinatenabweichung		Höhenabweichung	
	Höhe	Rechtswert	Hochwert	
45	226,61	-0,02	0,01	-0,47
46	226,61	-0,04	0,00	-0,53
13	231,19	0,09	0,05	-0,48
12	231,19	0,11	0,05	-0,50

Tabelle 7: Vergleich Traufhöhe LoD2 / terrestrische Vermessung

Da die Gebäudeecken des Rathauses im amtlichen Liegenschaftskataster als „Koordinatenkataster“ gespeichert sind, besitzen sie eine Lagegenauigkeit von +/- 3cm. Die im Modell abgegriffenen Lagekoordinaten (Punktnr. 45 und 46) entsprechen nahezu exakt den Lagekoordinaten des Katasternachweises. Die Koordinaten des Feuerwehrturms liegen im Katasternachweis nur im koordinierten Kataster vor.

Hier sind die Abweichungen in der Lage etwas größer.

Die im Modell abgegriffene Traufhöhe liegt durchschnittlich ca. 50 cm über dem gemessenen Kontrollpunkt. Diese Differenzen sind der Tatsache geschuldet, dass die LoD2-Daten automatisch durch das Verschneiden mit ALS-Daten an der Dachoberfläche erzeugt wurden. Beachtet man diesen Umstand, sind auch die Traufhöhen oder Gebäudehöhen am „Durchstoßpunkt Dachoberfläche“ hinreichend genau.

Die vollständige Koordinatentabelle ist in Anhang S nachzulesen.

8.3 Vergleich Bodenhöhe LoD2 / terrestrische Vermessung

Zuletzt wurde am Feuerwehrturm die Bodenhöhe der LoD2- Gebäude geprüft.

PunktNr.	Terrestrische Koordinate	LoD2 Koordinate	Höhenabweichung
	Höhe	Höhe	
14	218,14	218,05	0,09
1	218,14	218,05	0,09

Tabelle 8: Vergleich Bodenhöhe LoD2 / terrestrische Vermessung

Im Ergebnis der Messung wurde festgestellt, dass die Verschneidung der LoD2- Datensätze mit dem DGM2 in der am Feuerwehrturm gemessenen Stichprobe sehr gute Ergebnisse erbrachte. Das DGM2 und somit der Boden des LoD2-„Klötzchenmodell“ liegen im 3D-Modell nur 9 cm tiefer als in der Örtlichkeit.

9. Zusammenfassung und Ausblick

Das Grundgerüst für die „Entwicklung eines 3D-Stadtmodells für die Stadt Schmöln“ wurde im Rahmen dieser Bachelorarbeit mittels VIS-All®3D erfolgreich aufgebaut. Grundlage dafür waren die „Offenen Geodaten“ des Landes Thüringen. Über den barrierefreien Weg des Geoportals Thüringen wurden die Geodaten kostenfrei beschafft. Es wurden digitale Geländemodelle, Orthofotos und 3D-Gebäudemodelle für die Weiterverarbeitung heruntergeladen. Aufgrund der Aufgabenstellung, exakt das Verwaltungsgebiet der Stadt Schmöln abzubilden, mussten die DGM-Kacheln entsprechend zugeschnitten werden. Dieser „Zuschnitt“ erfolgte in GEOgraf mit erheblichem Zeitaufwand. Die Kacheln der 3D-Gebäudemodelle wurden ebenfalls auf das Verwaltungsgebiet reduziert.

Um das jetzt vorhandene 3D-Stadtmodell mit geringem Detaillierungsgrad zu verfeinern oder fortzuführen, wurden verschiedene Verfahren getestet. Zum Vergleich wurden eine terrestrische Vermessung, eine photogrammetrische Vermessung und zwei terrestrische Scans durchgeführt. Außerdem wurden vorhandene raumbezogene Daten verifiziert und konvertiert.

Die einzelnen Verfahren haben Vor- und Nachteile. Am wirtschaftlichsten sind photogrammetrische Verfahren. Terrestrische Vermessungen, nur für die Verfeinerung oder Fortführung des Stadtmodells, sind zu aufwendig. Die Konvertierung vorhandener Vermessungsunterlagen erscheint in diesem Zusammenhang sinnvoll.

Nach dem Import dieser Daten wurde das digitale Geländemodell zur Verfeinerung weniger Teilbereiche erneut im Programm „GEOgraf“ nachbearbeitet.

Der Zeitaufwand für den Import und das Zuweisen der Texturen war überschaubar. Zeitaufwendiger war die Anpassung der Textur nach Größe und Lage. Zur Texturierung der gewählten Bereiche wurden 466 Texturen eingepasst.

Diese Texturen wurden zuvor photographisch aufgenommen und bearbeitet. Ergänzend wurde von zwei Fassaden zum Vergleich jeweils ein Orthofoto angefertigt. Die Anfertigung von Orthofotos nur als Fassadentextur ist nicht zielführend, da es zu zeitaufwendig wäre.

Die Ausgestaltung des Umfeldes erfolgte beispielhaft überwiegend mit 3D-Symbolen, die in der Software enthalten waren. Für den Stadtbrunnen, das EFH, die ortstypischen Pflanzkübel und die Baumgitter wurden neue Symbole erstellt.

Anhand von Grundrissen und Messwerten wurde das Bürogebäude der Vermessungsbüro Gabler GmbH detailliert und mit der tatsächlichen Raumaufteilung dreidimensional modelliert.

Eine Genauigkeitsanalyse der „Offenen Geodaten“ bescheinigte dem DGM gute Werte. Die Lage der LoD2-Gebäude im Modell ist so gut oder so schlecht wie deren Grundrissdaten im amtlichen Liegenschaftskataster.

Der Export von Daten und Ansichten aus dem Stadtmodell ist vielseitig möglich. Ansichten aus Screenshots wurden beispielsweise bei dieser Facharbeit und den dazu notwendigen Präsentationen genutzt.

Abschließend der Erarbeitung wurde ein Workflow entwickelt der als Übersicht und zum Verständnis dienen soll. Dieser ist in Anlage einsehbar.

Parallel zur Erstellung des Modells wurde ein Prozess zur Verfeinerung und Fortschreibung des Stadtmodells in Gang gesetzt. Hierzu wurde um Projektpartner geworben. Eine Absichtserklärung wurde angefertigt und der jeweils notwendige Workflow ausgearbeitet.

In der Zukunft ist eine Nutzung des Stadtmodells auf je einem öffentlichen Computerterminal im Rathaus der Stadt Schmöln, im Tourismusoffice, im Empfangsbereich der Stadtwerke sowie der Wohnungsverwaltung und in der städtischen Bibliothek vorstellbar. Das Modell sollte über eine Verlinkung mit der offiziellen Homepage der Stadt online abrufbar sein. Denkbar wäre die Visualisierung verfügbarer Immobilien, Wohnungen, Wohnbauplätze und Gewerbeflächen. Ebenso könnten städtische Kultur- und Freizeiteinrichtungen, wie das Freizeitbad, das Knopfmuseum usw. realitätsgetreu visualisiert werden.

Die Schülerinnen und Schüler am Ort würden im Laufe der Zeit einen wesentlichen Beitrag leisten, das Modell kostenneutral auszugestalten.

Der Informatikunterricht würde bereichert werden; Facharbeiten und Projektarbeiten könnten künftig das Modell verfeinern und fortschreiben.

Die Feuerwehr und das Technische Hilfswerk könnten das Modell für Schulungen und Übungsszenarien nutzen. Jegliche Planung, ob Abriss oder Neubau, könnte künftig für Entscheidungsträger oder involvierte Personengruppen visualisiert werden.

Es können steigende Wasserstände und ihre Auswirkungen simuliert werden.

Die ansässige Wirtschaft kann das Modell oder Teilbereiche für Werbung oder Planung nutzen.

Der Tourismus würde gefördert und die örtlichen Hotel- und Gastronomiebetriebe könnten sich im Modell präsentieren.

Ein Blick in die Zukunft wird bestätigen, dass raumbezogene Datenverarbeitung und fotorealistische 3D-Stadtmodelle zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Workflow Schulen.....	16
Abbildung 2: Von 2D in 3D (Eigene Darstellung 2018).....	19
Abbildung 3: Zeitskala VIS -All® 3D (Eigene Darstellung 2018).....	20
Abbildung 4: Bürogebäude SketchUp (Eigene Darstellung 2018)	20
Abbildung 5: Genutzte und weitere Anwendungen von VIS-All®3D (Eigene Darstellung 2018) .	21
Abbildung 6: Stadtgebiet (Eigene Darstellung 2018)	21
Abbildung 7: Windkraftanlagen (Eigene Darstellung 2018).....	22
Abbildung 8: Kanalsystem Markt (Eigene Darstellung 2018)	22
Abbildung 9: Brunnenmodel (Eigene Darstellung 2018).....	23
Abbildung 10: Ausgestaltungselemente in VIS-All®3D (Eigene Darstellung 2018).....	25
Abbildung 11: Übersicht „Offene Geodaten“ Thüringen (angelehnt an Geoportal-Thüringen 2018)	26
Abbildung 12: Gebietsumring mit allen DGM25-Kacheln (Eigene Darstellung 2018).....	29
Abbildung 13: Zuschneiden der DGM-Datei auf den Gebietsrand (Eigene Darstellung 2018)	30
Abbildung 14: Qualitätsangaben aus der CityGML-Datei.....	33
Abbildung 15: Verfahren zur Ermittlung der Gebäudehöhe (AdV-CityGML-Profile)	33
Abbildung 16: Quelldaten für die Lage (AdV-CityGML-Profile, 2011).....	34
Abbildung 17: Ermittlung Bodenhöhe (AdV-CityGML-Profile, 2011).....	34
Abbildung 18: Festpunktübersicht mit geplantem Messgebiet (Eigene Darstellung 2018).....	39
Abbildung 19: Von den Messpunkten zum fertigen Lage- und Höhenplan (Eigene Darstellung 2018)	43
Abbildung 20: Photoscan /Fotos eingeladen (Eigene Darstellung aus Photoscan 2018).....	46
Abbildung 21: Dünnes Punktwolkenmodell mit Kamerapositionen (Photoscan 2018).....	46
Abbildung 22: Workflow 3D-Modell erzeugen von der Aufnahme	47
Abbildung 23: Passpunkte Feuerwehrturm und Rathaus (Eigene Darstellung 2018).....	48
Abbildung 24: Workflow in GIMP (Eigene Darstellung 2018).....	49
Abbildung 25:Entfernen von Bäumen/Fotoretusche (Eigene Darstellung 2018).....	49
Abbildung 26: Screenshot der Brunnen-Punktwolke aus dem TBC (Eigene Darstellung 2018).....	51
Abbildung 27: Screenshot der EFH-Punktwolke aus dem TBC (Eigene Darstellung 2018).....	52
Abbildung 28: Von VIS-All®3D nach SketchUp (Eigene Darstellung 2018)	53
Abbildung 29: Neue Achse gesetzt (Eigene Darstellung 2018).....	54
Abbildung 30: Einpassung der Grundrisse (Eigene Darstellung 2018)	54
Abbildung 31: Flächen Extrusion (Eigene Darstellung 2018)	55
Abbildung 32 Etagenaufbau Schritt für Schritt (Eigene Darstellung 2018).....	55

Abbildung 33: Wahl des Geostandortes in SketchUp (Screenshot aus SketchUp 2018).....	56
Abbildung 34: Datenimport (Eigene Darstellung 2018)	57
Abbildung 35: Entstehung des Stadtgebietes auf DGM-Basis (Eigene Darstellung 2018)	58
Abbildung 36: Das Schmöllner-Stadtgebiet als texturiertes digitales Geländemodell (Eigene Darstellung 2018).....	59
Abbildung 37: Entfernen der Gebäude (Eigene Darstellung 2018)	60
Abbildung 38: 2D Lage- und Höhenplan in 3D Umgebung überführen (Eigene Darstellung 2018)	60
Abbildung 39: Importierte Flächen am Beispiel Markt (Eigene Darstellung 2018)	61
Abbildung 40: Problemlösung Einschluss von Objekten (Eigene Darstellung 2018)	62
Abbildung 41: Visualisierung Zaun und Geländer aus Linien (Eigene Darstellung 2018).....	62
Abbildung 42: Visualisierung des Kanalplans in VIS-All®3D (Eigene Darstellung 2018).....	63
Abbildung 43: Importierte Punkte (Eigene Darstellung 2018)	63
Abbildung 44: Konstruierte stadtspezifische Objekte (Eigene Darstellung 2018).....	64
Abbildung 45: Ausrichten der Symbole (Eigene Darstellung 2018).....	65
Abbildung 46: Konstruktion Treppen- und Mauerflächen (Eigene Darstellung 2018).....	65
Abbildung 47: Verfeinerung Treppe (Eigene Darstellung 2018).....	66
Abbildung 48: Abstrahierter Ablauf der Lage- und Höhenplanimplementierung in das DGM / Visualisierung	67
Abbildung 49: Implementierung des Stadtbrunnens / Ansicht mit Verfeinertem DGM (Eigene Darstellung 2018).....	68
Abbildung 50: Texturierung aller Flächen (Eigene Darstellung 2018).....	69
Abbildung 51: Vergleich Original und 3D-Modell des Stadtbrunnens (Eigene Darstellung 2018)	70
Abbildung 52: Vergleich Original und 3D-Modell des EFH (Eigene Darstellung 2018).....	70
Abbildung 53: Von SketchUp nach VIS-All®3D (Eigene Darstellung 2018)	71
Abbildung 54: Präsentation der einzelnen Etagen in VIS-All®3D (Eigene Darstellung 2018)	71
Abbildung 55: Datenexport (Eigene Darstellung 2018).....	72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auflistung projektbeteiligte Schulen und Partner.....	7
Tabelle 2: Tabelle 2: Anforderungen /Erfordernisse an Schulen und Projektbeteiligte.....	12
Tabelle 3: VIS-All® 3D-Module.....	13
Tabelle 4: Weitere Softwareprodukte.....	14
Tabelle 5: Fortschreibung.....	15
Tabelle 6: Vergleich Lage LoD2 / terrestrische Vermessung.....	73
Tabelle 7: Vergleich Traufhöhe LoD2 / terrestrische Vermessung.....	74
Tabelle 8: Vergleich Bodenhöhe LoD2 / terrestrische Vermessung.....	75

Abkürzungsverzeichnis:

AMD	Advanced Micro Devices
2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
4D	vierdimensional
COM	Component Object Model
DXF	Drawing Interchange Format
CAD	Computer-aided design
GIS	Geoinformationssystem
DLL	Data Link Layer
UTM	Universal Transverse Mercator
GNSS	Global Navigation Satellite System
ETRS 89	Europäische Terrestrische Referenz-System 1989
PD83/GK	Potsdam Datum 1983 mit Gauß-Krüger-Abbildung
GPS	Global Positioning System
GSM	Grafisches sensor modell
DWG	Drawing
PNG	Portable Network Graphic
GIF	Graphics Interchange Format
TIFF/TIF	Tagged Image File Format
BMP	Bitmap
DPI	dots per inch
DNG	Digital-Negative
CMOS	Complementary metal-oxide-semiconductor
MP	Mega Pixel
GNU	General Public License
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
TFW	Tiff-World-File
(City)GML	(City) Geography Markup Language
SSD	Solid-State-Drive
TCU	Trimble Control Unit

Literaturverzeichnis

„VIS-All® 3D Handbuch“ Webseite: <http://hilfe.vis-all.de/doc/doc-vis-all-handbuch> [Zugriff am 03.06.2018]

VIS-All Webseite : <https://vis-all.de/> [Zugriff am 04.06.2018]

Software Service JOHN Webseite: <https://john-software.de/> [Zugriff am 06.06.2018]

Geoportal-Thüringen Webseite: <http://www.geoportal-th.de/de-de/> [Zugriff am 20.06.2018]

Gröger, G., Kolbe, T.H., Nagel, C., Häfele, K.-H. (Hrsg.) (2012): OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, Version 2.0, OGC Doc No. 12-019, Open Geospatial Consortium

Niemeier W., Kern F. (2001): Anwendungspotenziale von scannenden Messverfahren. In: Von Handaufmaß bis High Tech; Kolloquium der Brandenburgischen Universität Cottbus, Verlag Phillipp von Zabern, Mainz

Ina Schick Tanz (2015): Landesprogramm „Offene Geodaten“, Dokument V 1.0,

AdV Webseite : <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Weitere-Produkte/3D-Gebaeudemodelle-LoD/> [Zugriff am 12.06.2018]

AdV-CityGML-Profil für 3D-Gebäudemodelle Ergebnisse der PG „3D-Gebäudemodelle“ der AdV, 18.04.2011

HHK Webseite : <https://www.hhk.de/index.php/geograf> [Zugriff am:12.05.2018]

Thüringer Landesamt für Vermessung und Geoinformatik Webseite:
<http://www.thueringen.de/th9/tlvermgeo/geoinformation/3d/dgm/index.aspx> [Zugriff am: 12.05.2018]

Dipl.-Ing. C. Minning. *Geodatenerfassung 1*. Vorlesungsskript. Dessau.

Datenblatt (2017) : Trimble SX10

Datenlizenz Deutschland, Webseite: www.govdata.de/dl-de/by-2-0 [Zugriff am:12.05.2018]

Aiden Chopra, Laura Town, 2007. *Introduction to Google SketchUp*. Verlag: Wiley. ISBN 978-0-470-17565-1

SCHUTZE, B., A. ENGLER und H. WEBER, 2004. *Lehrbuch Vermessung - Fachwissen*. Dresden: Schutze-Engler-Weber-Verl. ISBN 3936203040.

Manfred Bauer. 2011. *Vermessung und Ortung mit Satelliten-Globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) und andere Satellitengestützte Navigationssysteme*. Auflage 6. Wichmann-Verlag. ISBN 978-3-87907-482-2

Thomas Luhmann (Hrsg.), 2003. *Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik, Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2003*. Wichmann-Verlag. ISBN 3-87907-404-6

Anhangsverzeichnis

Anhang A:	Absichtserklärung für beteiligte Schulen und Partner
Anhang B:	Verwaltungsgebiet
Anhang C:	Präsentation Rathaus I
Anhang D:	Präsentation Rathaus II
Anhang E:	Präsentation Schulen
Anhang F:	Datenlizenz „Offene Geodaten“
Anhang G:	Startseite, Downloadbereiche und Download Offene Geodaten der Webseite Geoportal Thüringen
Anhang H:	Tabelle der zur TIFF-Datei Erklärung / Lagegenauigkeit der Orthofotos am Beispiel (Markt)
Anhang I:	DGM Meta-Daten Beispiel (Markt)
Anhang J:	DGM Meta-Daten Beispiel (Markt)
Anhang K:	Bestandsplan Straßenbau
Anhang L:	Bestandsplan Kanalbau
Anhang M:	Lage- und Höhenplan Bürogelände
Anhang N:	Fotos der Befliegung
Anhang O:	Fotos der Fassaden
Anhang P:	PKT-Datei der Passpunktmessung Orthofotos
Anhang Q:	Grundrisse Bürogebäude
Anhang R:	Koordinatentabelle Vergleich Lage LoD2 / terrestrische Vermessung
Anhang S:	Vergleich Traufhöhe LoD2 / terrestrische Vermessung
Anhang T:	Workflow „Entwicklung eines 3D-Stadtmodells für die Stadt Schmöln“
Anhang U:	Betriebliche Aufgabenstellung

Absichtserklärung

Letter of Intent (LOI)

Marvin Gabler, bevollmächtigter Vertreter der Vermessungsbüro Gabler GmbH
Wehrstraße 5, 04626 Schmölln
– nachfolgend VB - Gabler genannt –

Sven Schrade, Bürgermeister der Stadt Schmölln
Markt 1, 04626 Schmölln
– nachfolgend Stadt Schmölln genannt –

Martina Pleuse, Schulleiterin des Roman-Herzog-Gymnasiums Schmölln
Hermann-von-Helmholtz-Straße 18, 04626 Schmölln
– nachfolgend Gymnasium genannt –

Steffi Kersten, Schulleiterin der Staatlichen Regelschule „Am Eichberg“ Schmölln
Rudolf-Seyfarth-Straße 21, 04626 Schmölln
– nachfolgend Regelschule genannt –

Kristian Blum, Geschäftsführer der Wohnungsverwaltung Schmölln GmbH
Bergstraße 6, 04626 Schmölln
– nachfolgend Wohnungsverwaltung genannt –

Severin Kühnast, Geschäftsführer der Stadtwerke Schmölln GmbH
Sommeritzer Straße 74/1, 04626 Schmölln
– nachfolgend Stadtwerke genannt –

Dirk John, Geschäftsführer der Software - Service John GmbH
Oehrenstöcker Straße 39, 98693 Ilmenau
– nachfolgend Software-Service John genannt –

1. Vorbemerkungen (Präambel)

- Der Freistaat Thüringen ermöglicht die kostenlose Nutzung und Präsentation aller behördlichen, raumbezogenen GEO - Daten.
- Die Motivation dieser Absichtserklärung besteht insbesondere darin, aus den nunmehr frei verfügbaren „offenen Geodaten“ einen Mehrwert für Verwaltung, Schule, Wirtschaft und Bürger zu generieren und gemeinsam daran mitzuwirken, ein digitales dreidimensionales Modell der Stadt Schmöln fortlaufend und zunehmend realitätsgetreuer zu entwickeln und zu etablieren.
- Es besteht kein Rechtsanspruch auf die Erfüllung dieser Absichtserklärung.

2. Inhalt der Absichtserklärung

- Aktive Mitgestaltung und Mitwirkung im Prozess zur Erstellung und fortlaufenden Ausgestaltung eines digitalen, fotorealistischen, dreidimensionalen Computermodelles der Stadt Schmöln und seiner Ortsteile
- Sicherstellung der notwendigen Hard- und Softwareressourcen durch die beteiligten Partner
- Präsentation der Ergebnisse

3. Zeitplan

- Erstellung des digitalen Grundmodelles im Rahmen einer Bachelorarbeit von Sept. 2017 bis Juli 2018 durch die Vermessungsbüro Gabler GmbH als Vorleistung
- Mit Unterzeichnung fortlaufende Ausgestaltung durch die beteiligten Partner

4. Inkrafttreten und Laufzeit

- mit Unterzeichnung der Vertragspartner bis zum Abschluss des Projektes

5. Schlussbestimmungen

- alle wirksamen Vereinbarungen sind in dieser Absichtserklärung schriftlich niedergelegt

Ort, Datum

VB - Gabler GmbH

Ort, Datum

Stadt Schmölln

Ort, Datum

Gymnasium

Ort, Datum

Regelschule

Ort, Datum

Wohnungsverwaltung

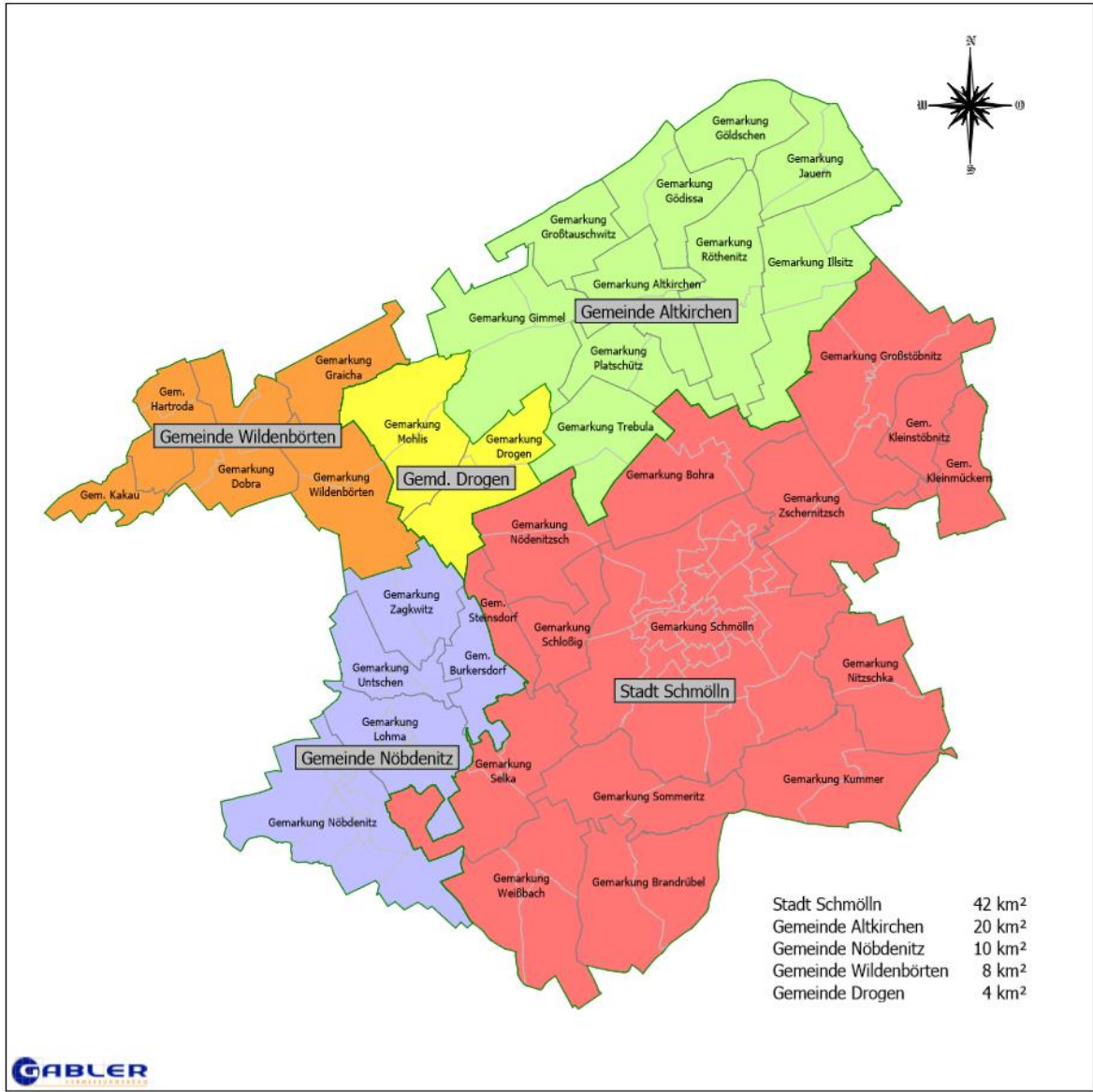
Ort, Datum

Stadtwerke

Ort, Datum

Software-Service John

Anhang B : Verwaltungsgebiet Stadt Schmölln (ROT)



Probleme:

- Datenlizenz (Thüringen verwendet die Datenlizenz Deutschland 2.0)
- Datenbeschaffung/ Datenformate/ Qualität
- Verknüpfung der unterschiedlichen Eingangsdaten (Raumbezug/Geoinhalte/ Dimension)
- Nutzung verschiedener Softwaresysteme (Frei? Unl? Büro?)
- Implementierung eigener gemessener oder gesannter Daten
- Volumen/ Bereitstellung Ressourcen / Server/ Präsentation usw.

Vielen Dank!

Fragen?

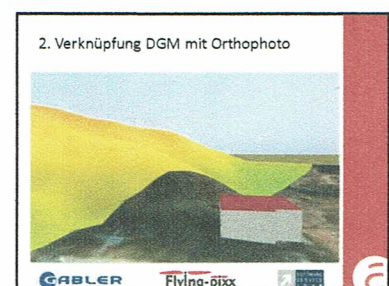
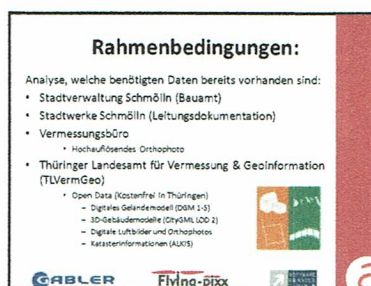
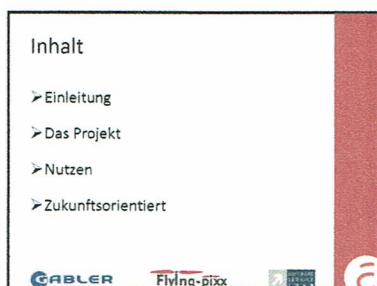
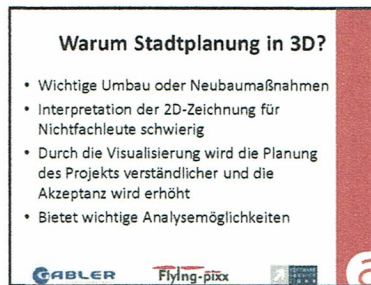
GABLER

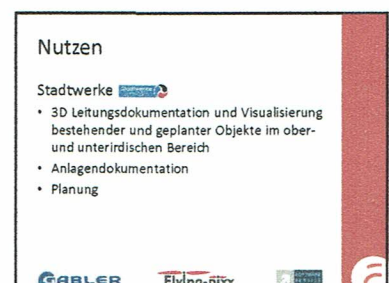
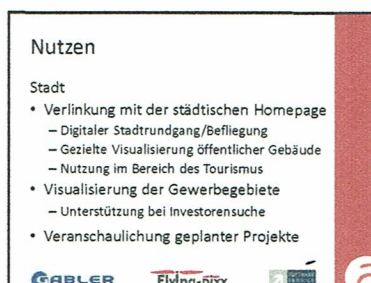
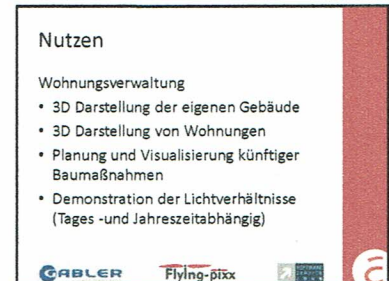
SOFTWARE
SERVICE
GmbH

Zukunftsorientiert:

- Grundstein, sodass dieses Projekt stetig wachsen kann
- ortsansässigen Schulen (Regelschule/Gymnasium) sollen zukünftig durch Projektarbeiten oder Unterrichtsgestaltung am Stadtmodell weiterarbeiten
- Ausgangspunkt erfragen und erörtern
- Baumarten/Stammumfang bestimmen
- Modellierung von Gebäuden z.B. mittels Blockscape Pro
- Verkehrsmittel bestimmen und einsetzen usw.

Benutzer erhält eine ausführliche Handlungsanweisung, notwendigen Arbeitsschritte und anschaulichen Beispielen







Zukunftsorientiert

Welchen Nutzen haben die Schüler?

- Erweiterung der Medienkompetenz
- Stärkung des Selbstbewusstseins & Selbstwertgefühls durch die selbstständige Arbeit und das damit verbundene erzielte Ergebnis
- Gemeinsame Verantwortung für den Erhalt der Stadt Schmölin und der Umwelt
- Erweiterung des Wissens über den Beruf des Vermessungsingenieurs (Interesse wecken)
- Zur Seminararbeit ausbaubar (Vertiefung)
- Mehr historisches Wissen über die Gebäude und Bauwerke der Stadt Schmölin
- Interesse für die eigene Heimat stärken usw... ;)

GABLER Flying-pixx STADTMODELL



Zukunftsorientiert

Was macht mein Stadtmodell?

- Es visualisiert Zeitgeschichte ebenso wie zukünftige Projekte der Stadtentwicklung

Was soll mein 3D-Stadtmodell in den Schulen bewirken?

- Es wird an die Schule übergeben, sodass Schüler und ihre Lehrer es in Projektwochen weiter entwickeln können d.h. die Schüler werden Teil dieses Projekts und führen dies fort

GABLER Flying-pixx STADTMODELL

Zukunftsorientiert:

- Grundstein, sodass dieses Projekt stetig wachsen kann
- ortsansässigen Schulen (Regelschule/Gymnasium) sollen zukünftig durch Projektarbeiten oder Unterrichtsgestaltung am Stadtmodell weiterarbeiten

- Fassadenfotos anfertigen, entzerren & aufbringen
- Baumarten/Stammumfang bestimmen
- Modellierung von Gebäuden z.B. mittels SketchUp Pro
- Verkehrsschilder bestimmen und einsetzen usw.

GABLER Flying-pixx STADTMODELL

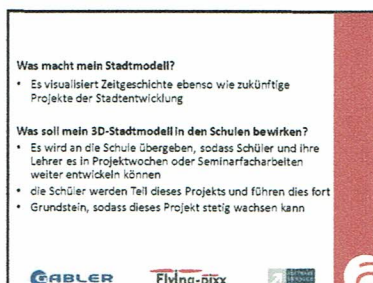
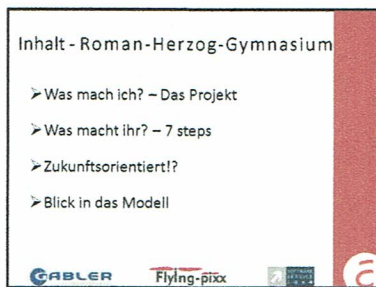
Zukunftsorientiert

Welchen Nutzen hat die Schule?

- Durch dieses Projekt würden sich die schmölliner Schulen deutlich von anderen Schulen abheben
- Die Stadt Schmölin wird mit in den Unterricht einbezogen
- Neuer Blickwinkel auf Geographie- und Informatikunterricht

GABLER Flying-pixx STADTMODELL





4. Setzen der Straßmöbel wie Laternen, Menschen, Bäume (ggf. in der Vorarbeit aufmessen) usw.



GABLER Flying-pixx

Vergleich 2



GABLER Flying-pixx

1. Begehung in der Stadt



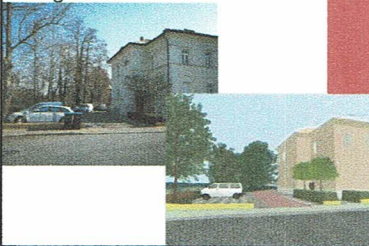
GABLER Flying-pixx

5. Anfertigung und Entzerrung von Fassadenfotos als Textur (Marktplatz als Teilbereich/Büro/Straßenbelag usw.)



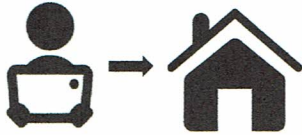
GABLER Flying-pixx

Vergleich 3



GABLER Flying-pixx

2. Recherche der Gebäude



GABLER Flying-pixx

Vergleich 1



GABLER Flying-pixx

Was macht ihr?

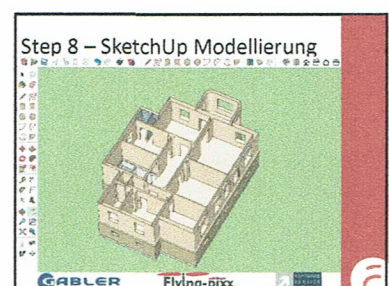
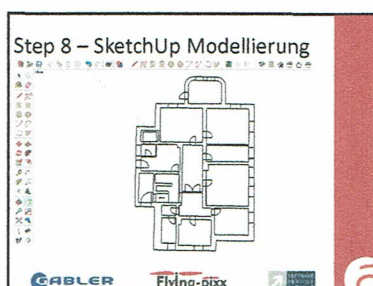
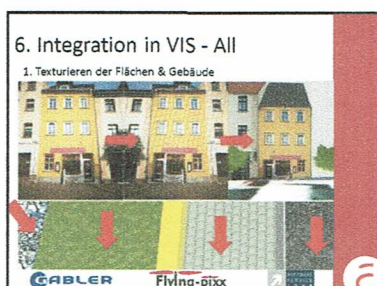
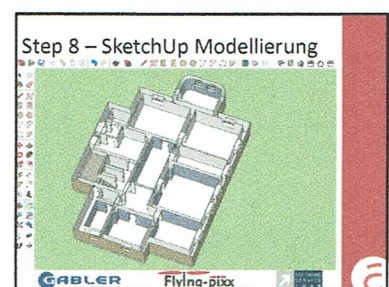
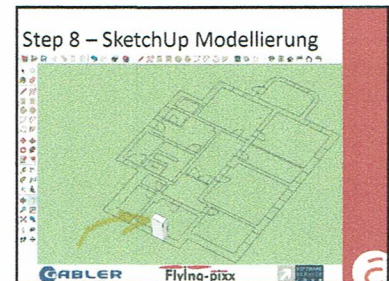
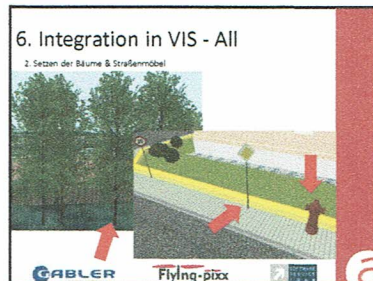
- 7 steps -

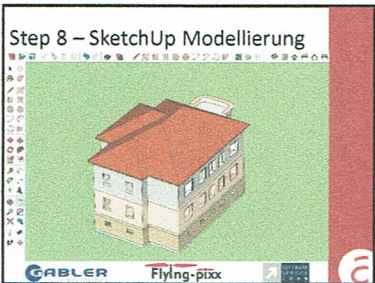
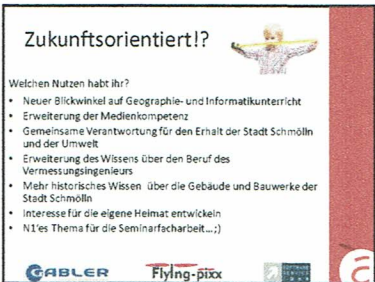
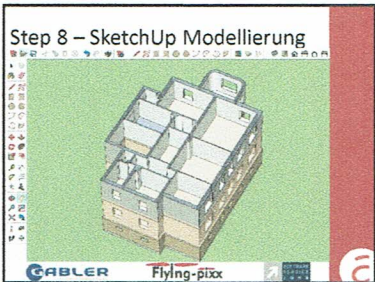
GABLER Flying-pixx

3. Aufnahme der Gebäudefassaden & Flächen (Smartphone)



GABLER Flying-pixx





Anhang F: Datenlizenz „Offene Geodaten“

Webcontent-Anzeige

Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0

(1) Jede Nutzung ist unter den Bedingungen dieser „Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“ zulässig.

Die bereitgestellten Daten und Metadaten dürfen für die kommerzielle und nicht kommerzielle Nutzung insbesondere

1. vervielfältigt, ausgedruckt, präsentiert, verändert, bearbeitet sowie an Dritte übermittelt werden;
2. mit eigenen Daten und Daten Anderer zusammengeführt und zu selbständigen neuen Datensätzen verbunden werden;
3. in interne und externe Geschäftsprozesse, Produkte und Anwendungen in öffentlichen und nicht öffentlichen elektronischen Netzwerken eingebunden werden.

(2) Bei der Nutzung ist sicherzustellen, dass folgende Angaben als Quellenvermerk enthalten sind:

1. Bezeichnung des Bereitstellers nach dessen Maßgabe,
2. der Vermerk „Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“ oder „dl-de/by-2-0“ mit Verweis auf den Lizenztext unter www.govdata.de/dl-de/by-2-0 ^[3] sowie
3. einen Verweis auf den Datensatz (URI).

Dies gilt nur soweit die datenhaltende Stelle die Angaben 1. bis 3. zum Quellenvermerk bereitstellt.

(3) Veränderungen, Bearbeitungen, neue Gestaltungen oder sonstige Abwandlungen sind im Quellenvermerk mit dem Hinweis zu versehen, dass die Daten geändert wurden.

Data licence Germany – attribution – version 2.0

(1) Any use will be permitted provided it fulfils the requirements of this "Data licence Germany – attribution – Version 2.0".

The data and meta-data provided may, for commercial and non-commercial use, in particular

1. be copied, printed, presented, altered, processed and transmitted to third parties;
2. be merged with own data and with the data of others and be combined to form new and independent datasets;
3. be integrated in internal and external business processes, products and applications in public and non-public electronic networks.

(2) The user must ensure that the source note contains the following information:

1. the name of the provider,
2. the annotation "Data licence Germany – attribution – Version 2.0" or "dl-de/by-2-0" referring to the licence text available at www.govdata.de/dl-de/by-2-0 ^[3], and
3. a reference to the dataset (URI).

This applies only if the entity keeping the data provides the pieces of information 1-3 for the source note.

(3) Changes, editing, new designs or other amendments must be marked as such in the source note.

URL: <http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0> ^[3]

Hinweis für Datenbereitsteller:

In den Metadaten ist bei Nutzung der „Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“ die Lizenz-ID „dl-de/by-2.0“ zu verwenden (einzusehen auf [GitHub](#) ^[3] in der [Liste der verwendeten Lizenzen](#) ^[3]).

Ersichtlich auf der Webseite: <https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>

Anhang G: Startseite, Downloadbereiche und Download Offene Geodaten der Webseite Geoportal Thüringen

Startseite:

The screenshot displays the homepage of Geoportal-Th.de. The header features the logo 'Geoportal-Th.de' and the 'Freistaat Thüringen' logo. Below the header, there is a 'Themen' section with a search bar and several featured topics, including 'Frei zugängliche Geodaten' and 'Geoproy Thüringen - Standard Geodaten'. The 'Downloadbereiche' section includes links to 'GeoMIS.Th', 'Geoproy, Viewer, OGC-Dienste', and 'Themenbereiche'. The 'Schnellsuche' section shows a map of Thüringen with various layers selected, such as 'Flurstücksgrenzen', 'Katasterbezirk', and 'Gemeindegrenzen'. The footer contains the text 'Geoportal-Th.de, 2013' and 'Kontakt - Impressum - Datenschutz - RSS'.

Themen

Frei zugängliche Geodaten

Über den Geodaten der Geodateninfrastruktur des Freistaats Thüringen, können Sie sich eine Vielzahl von frei zugänglichen Daten aussuchen. Der Datenbestand reicht von den Grenzen Ihres "Ortsbereichs" bis zu Luftbildern (Orthophotos) sowie Raumerschließungsplänen und archaisch-wirtschaftlich genutzten Flächen.

Geoproy Thüringen - Standard Geodaten

Geodaten + Geodaten

Start Geoproy

INSPIRE Umwandlung für Thüringen

Infrastruktur für Sparten Information in der European Community (Europäische Geodateninfrastruktur) ...mehr

GOIDE Umwandlung für Thüringen

Geodateninfrastruktur Deutschland ...mehr

TLVermGeo

Landesamt für Vermessung und Geoinformation ...mehr

ALKIS-konforme Lagebezeichnungskatal empfohlen
Es ist ein aktueller

3D Visualisierung Thüringen
bei jeder mit dem LUG2 Gebäude-Daten

Thüringer Verordnung über die Geodateninfrastruktur (ThurGDVVO)

Downloadbereiche

GeoMIS.Th

Metadatenrecherche
Informationen über Geodaten

Geoproy, Viewer, OGC-Dienste

Themenbereiche

- Bodenschätze
- Forst
- Geodateninfrastruktur
- Kommunen
- Intellekt
- Offener Informationsdienst
- Umwelt
- Verkehr

Schnellsuche

Flurstücksgrenzen

Katasterbezirk

Gemeindegrenzen

Vermessungsgrenzen

Geländemodell

DOF (Orthophoto / „Luftbilder“) - Info

Ortsuche Adresse: [] Maßstab: 1:1.270.000

Geoportal-Th.de, 2013

Kontakt - Impressum - Datenschutz - RSS

Downloadbereiche:



Themen 

suchen... 

Downloadbereiche

Sie sind hier: [Start](#) > [Downloadbereiche](#)

Offene Geodaten
Download offener Geodaten aus Thüringen
[...anzeigen](#)

Hilfen
Hilfen zu Geoproxy, offenen Geodaten, GeoMIS.Thüringen
[...anzeigen](#)

FAQ-Geodatenanbieter
Hier beantworten wir die häufig gestellten Fragen geodatenhaltender Stellen.
[...anzeigen](#)

FAQ-Geoproxy
Hier beantworten wir die häufig gestellten Fragen zur Benutzung des Geoproxy.
[...anzeigen](#)

andere Dokumente
In diesem Bereich stehen Ihnen ausgewählte Dokumente zur Verfügung.
[...anzeigen](#)

Videos
In diesem Bereich finden sie kurze Videos von 3D Gebäuden.
[...anzeigen](#)

[nach oben](#) 

Offene Geodaten

GeoMIS.Th

Geoproxy

Downloads



GDI-DE

INSPIRE

geoportal-th.de, 2018

[Kontakt](#) [Impressum](#) [Datenschutz](#) [Hilfe](#)






Themen

suchen...

Download Offene Geodaten

Sie sind hier: [Start](#) > [Downloadbereiche](#) > [Download Offene Geodaten Thüringen](#)



Das Landesprogramm "Offene Geodaten" wurde am 9. Februar 2018 vom Kabinett beschlossen. Damit werden in Thüringen Schritt für Schritt offene Geodaten aller Behörden ohne Zugangsbeschränkungen mit einer einfachen, einheitlichen und leicht verständlichen Lizenz im Internet zur Verfügung gestellt. Die frei nutzbaren Geodaten sollen für Transparenz in der Verwaltung sorgen sowie eine aktive Teilhabe der Bürgerinnen und Bürger an Prozessen in Wirtschaft, Verwaltung und Politik ermöglichen. ...weiter zum Dokument



Multimediale Broschüre „Geodaten in Thüringen“ ...weiter zum Dokument



Für die Nutzung digitaler Geobasisdaten und frei zugänglicher Geodatenangebote des TLVermGeo (ausgenommen personenbezogener Daten) gelten die Nutzungsbedingungen nach der Datenlizenz Deutschland - Namensnennung, zuzüglich in der Version 2.0 unter Verwendung des Quellennamens gemäß Absatz 2 Nummer 1: „GDI-Th“...weiter zur Lizenz

Geobasisdaten:



Digitale Luftbilder und Orthophotos



Höhenkarten
(DGM, DOM, LiDAR-Daten)



Digitale topographische Karten
(verschiedene)



Digitales Landschaftsmodell



Liegenschaftskataster
(ohne Eigentümerangaben)



3D Gebäudedaten



Messumringe
Stand 2018-03-21
(Shape, geopkg ca. 153 MB)



Messkoordinaten
Stand 2018-03-21
(TXT, geopkg ca. 12 MB)

Geocharts:



Bodennichtwerte Thüringen

wichtige Daten:



Übersichtskarten



Kataloge und weitere Daten

andere Downloadmöglichkeiten:



Selbstentnahme Downloadclient



Atom-Feed-Explorer



INSPIRE Service-Atom-Feed Client



OGC Dienstleistungs- und Downloaddienste

Die "offenen Daten" können Sie auch über die Metadatenuche (Schlüsselwort "opendata") finden. ...Link

Hier finden Sie auch die aktuelle Version des Handbuchs zur Erfassung von Metadaten mit dem Catalog Editor Web - CEW "offene Geodaten". ...download

nach oben ^

Offene Geodaten

GeoMIS.Th

Geoproxy

Downloads



GDI-DE

INSPIRE

geoportal-th.de, 2018

Kontakt Impressum Datenschutzerklärung Hilfe

Anhang H: Tabelle der zur TIFF-Datei Erklärung /
Lagegenauigkeit der Orthofotos am Beispiel

Aufbau des Tiff-World-Files (Maßeinheit ist Meter):

Zeile 1	0.200000	Größe eines Pixels in Richtung des Ostwertes
Zeile 2	0.000000	Drehung in Richtung des Ostwertes (nicht benutzt, muss 0 sein)
Zeile 3	0.000000	Drehung in Richtung des Nordwertes (nicht benutzt, muss 0 sein)
Zeile 4	-0.200000	Größe eines Pixels in Richtung des Nordwertes
Zeile 5	734000.100000	Ostwert der linken oberen Ecke, Ursprung
Zeile 6	5643999.900000	Nordwert der linken oberen Ecke, Ursprung

Die Tabelle ist angelehnt an die Schnittstellenbeschreibung des DOP auf der Webseite des TLVermGeo-TH

Lagegenauigkeit der Orthofotos (Markt):

datei: dop20rgbi_32734_5642_2_th_2017.tif

Bildflugdatum: 19.06.2017

Bildflug: 201705

Bezugsflaeche: DGM

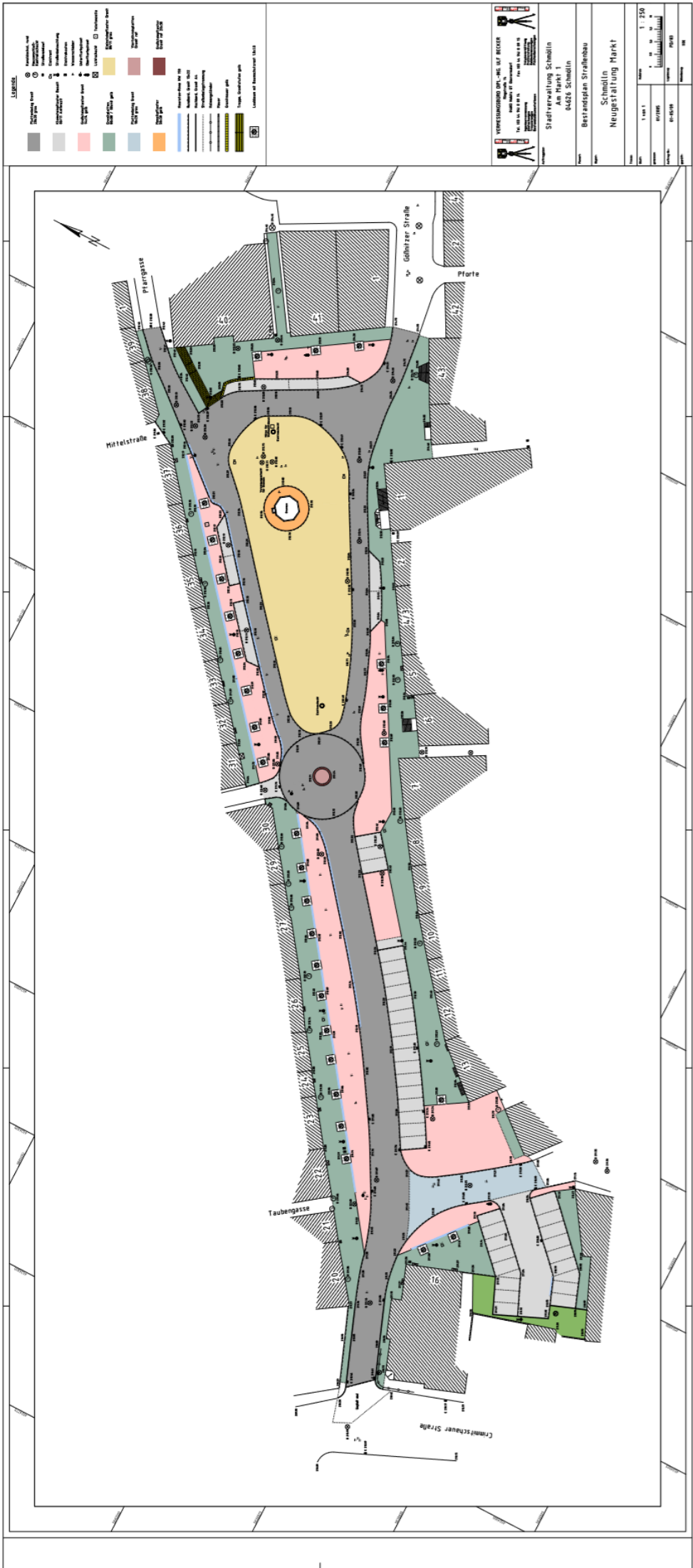
EPSG-Code: 25832

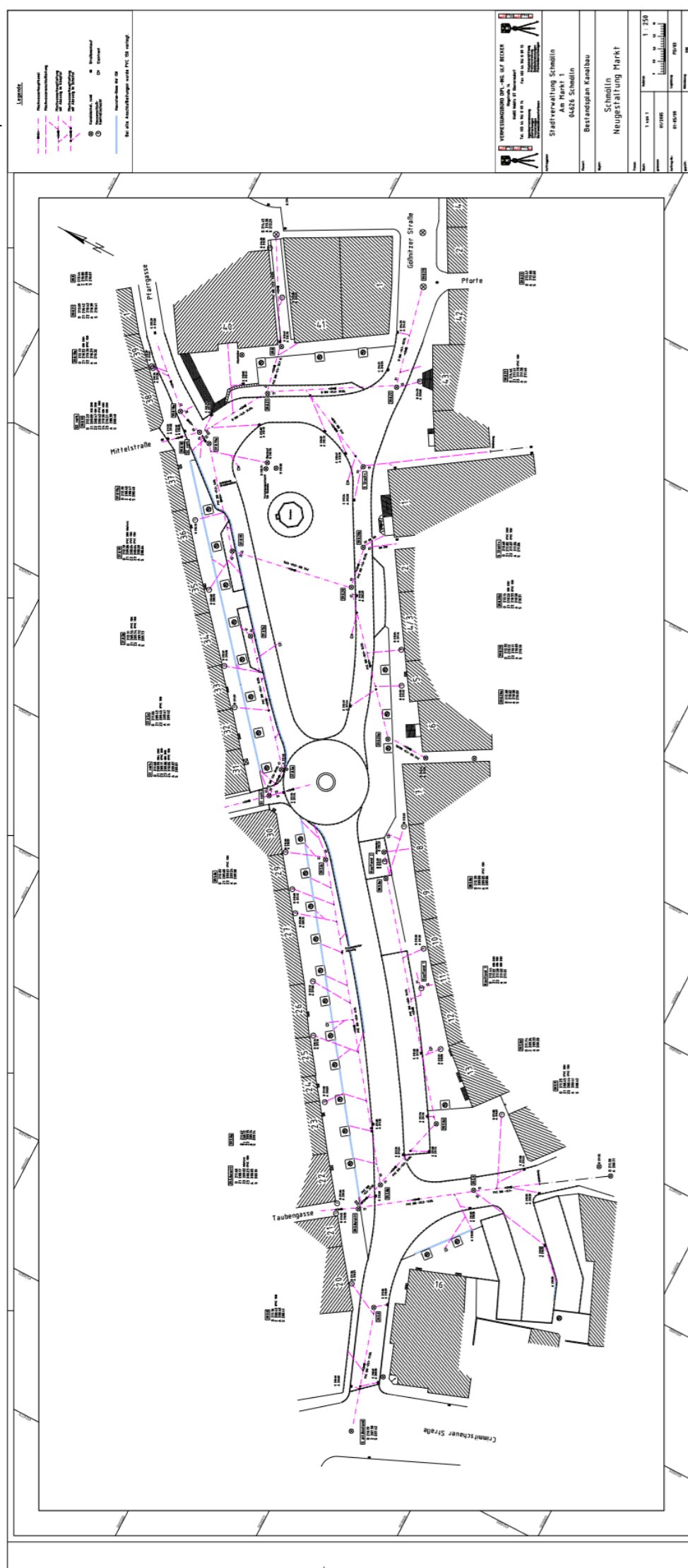
Standardabweichung: 40cm

Urheber: (c) GDI-Th, Freistaat Thueringen, TLVermGeo

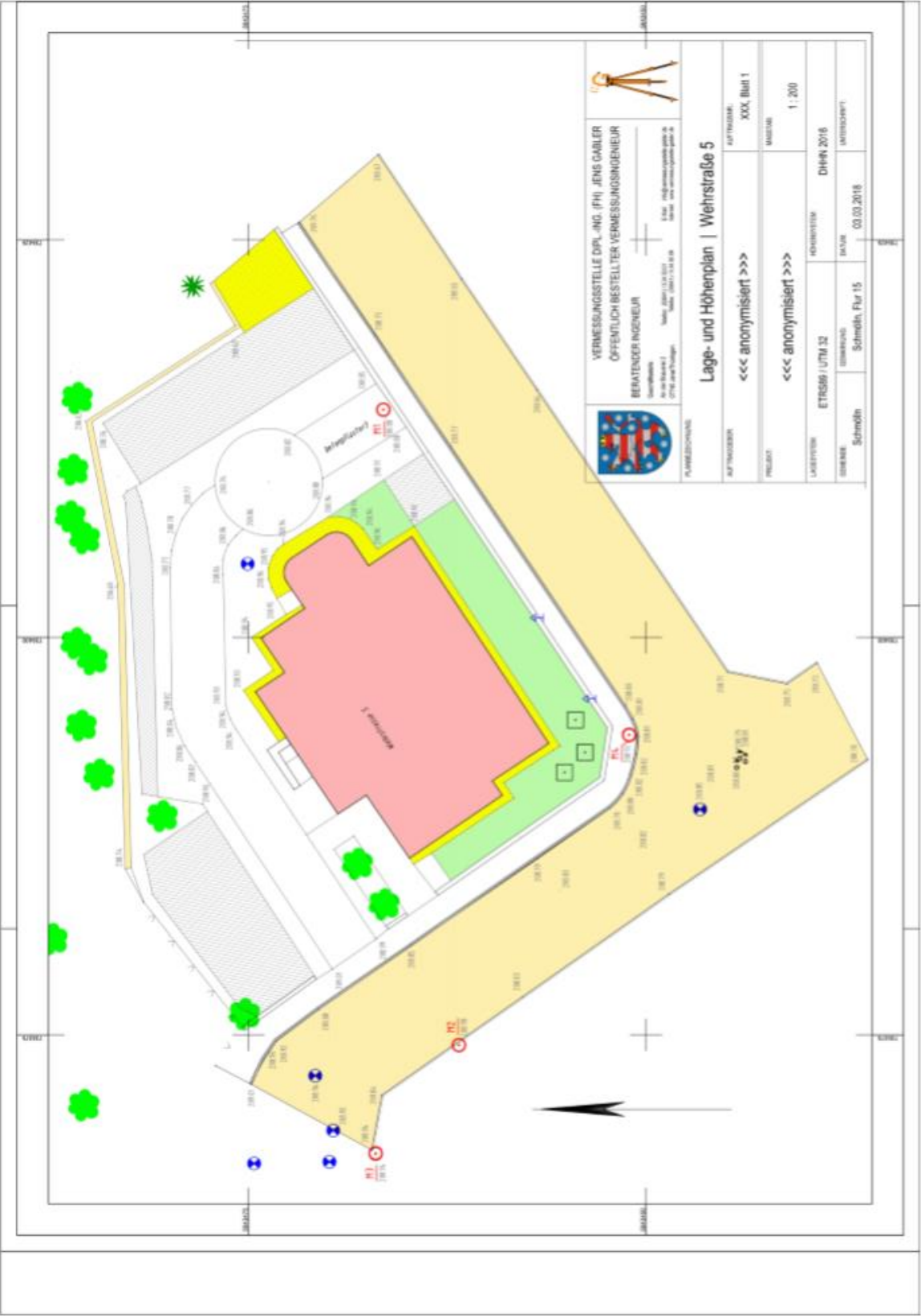
Anhang I : DGM Meta-Daten Beispiel (Markt)

Datei: dgm2_735_5643_1_th_2010-2013.xyz
Erfassungsdatum: 2011-01
Erfassungsmethode: Airborne Laserscanning
Lasergebiet: Laser_01_2010
EPSG-Code Lage: 25832
EPSG-Code Höhe: 5783
Quasigeoid: GCG2005
Genauigkeit Höhe: 0.2-0.5m
Urheber: (c) GDI-Th, Freistaat Thuringen, TLVermGeo



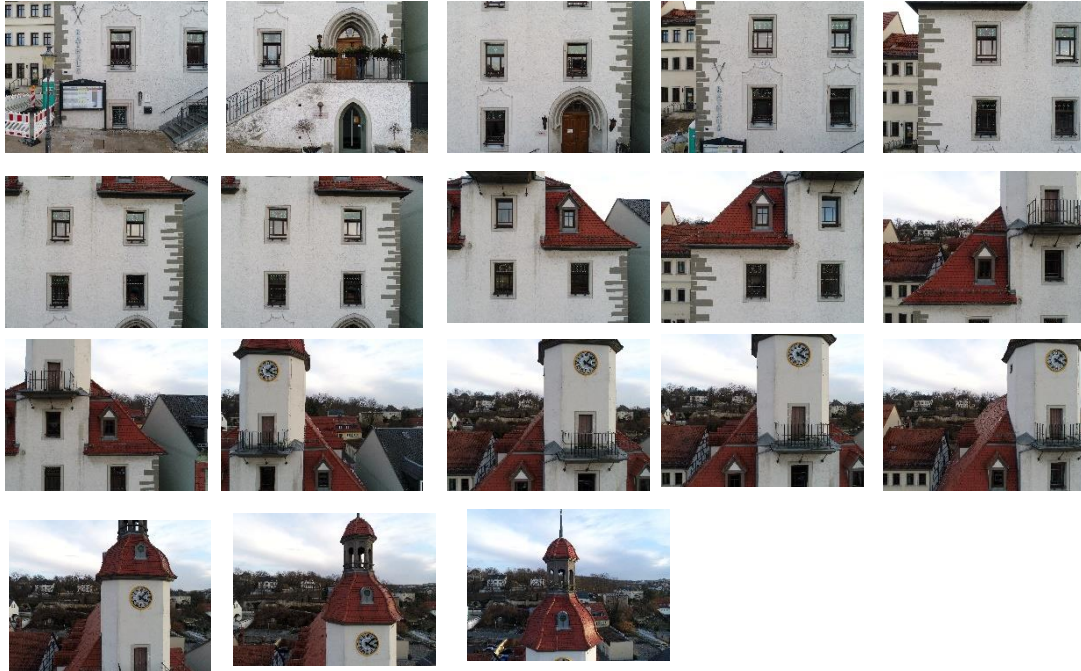


Anhang M: Lage- und Höhenplan Bürogelände



Anhang N: Fotos der Befliegung

Beispiel der Fassade Rathaus:



Beispiel Fassade Feuerwehrturm:



Beispiel Brunnen:



Anhang O: Fotos der Fassaden

Beispiele Bürogelände:



Beispiele Marktumgebung:

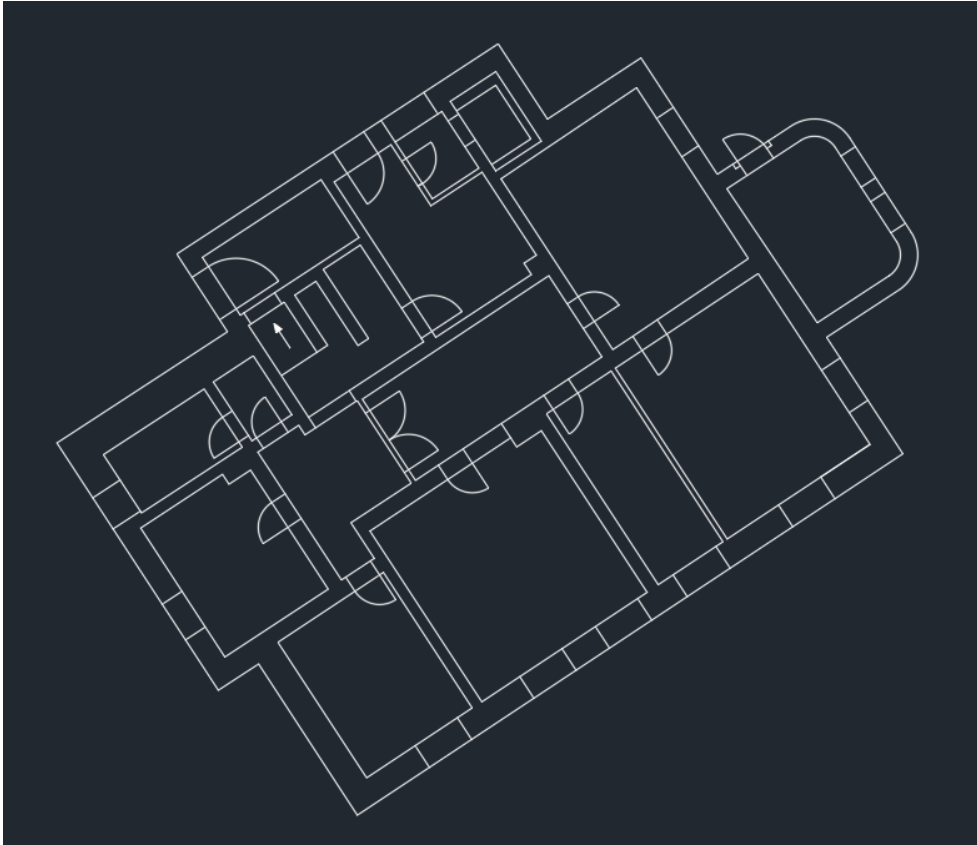


Anhang P: PKT-Datei der Passpunktmessung Orthofotos

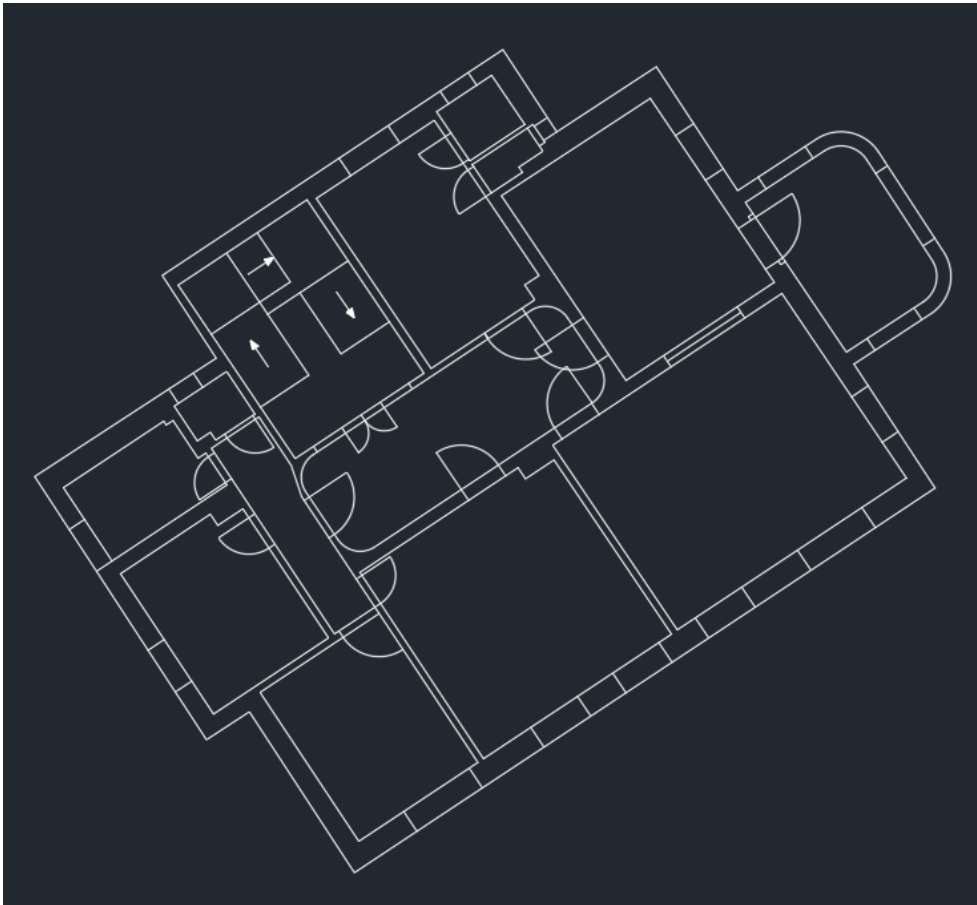
1	020	735720.321	5643251.103	218.425	39	020	735804.037	5643527.983	213.461
2	020	735724.537	5643248.612	218.430	40	020	735804.051	5643527.980	216.118
3	002	735722.389	5643249.876	219.185	41	020	735807.209	5643530.227	216.118
4	002	735721.573	5643250.348	219.188	42	020	735810.502	5643532.572	213.968
5	002	735721.484	5643250.392	223.738	43	020	735810.549	5643532.514	213.710
6	002	735722.511	5643249.797	223.746	44	020	735815.837	5643533.925	213.990
7	002	735722.531	5643249.796	227.052	45	020	735815.706	5643533.989	226.138
8	002	735721.493	5643250.397	227.046	46	020	735804.679	5643526.177	226.082
9	002	735721.510	5643250.397	230.319	47	020	735809.038	5643527.684	235.770
10	002	735722.536	5643249.800	230.329	48	020	735809.249	5643528.915	235.772
11	020	735724.559	5643248.614	230.687	49	020	735811.331	5643530.413	235.781
12	020	735720.378	5643251.115	230.685	50	020	735812.574	5643530.231	235.770
13	020	735723.126	5643255.811	230.713	51	002	735809.517	5643529.542	229.003
14	020	735723.116	5643255.776	218.444	52	002	735810.632	5643530.316	229.013
15	020	735727.320	5643253.309	230.714	53	002	735813.661	5643532.541	225.571
16	002	735724.334	5643255.094	230.706	54	002	735810.608	5643530.379	225.580
17	002	735725.056	5643255.286	230.709	55	002	735807.312	5643528.049	225.568
18	002	735725.928	5643254.752	230.718	56	002	735806.184	5643527.291	222.109
19	002	735725.877	5643254.818	227.525	57	002	735809.523	5643529.631	222.092
20	002	735725.024	5643255.317	227.529	58	002	735812.546	5643531.758	222.113
21	002	735724.315	5643255.114	227.534	59	002	735813.683	5643532.552	218.799
22	002	735724.349	5643255.108	224.266	60	002	735810.629	5643530.393	218.781
23	002	735725.035	5643255.305	224.267	61	002	735806.663	5643527.589	219.834
24	002	735726.567	5643253.750	224.591	62	002	735812.622	5643531.758	215.293
25	002	735726.487	5643253.789	221.572	63	002	735813.714	5643532.538	215.295
26	002	735725.057	5643255.240	221.431					
27	002	735724.337	5643255.070	221.437					
28	002	735722.526	5643254.797	220.413					
29	002	735720.923	5643252.104	220.415					
30	002	735720.899	5643252.062	223.760					
31	002	735721.493	5643253.092	223.751					
32	002	735722.537	5643254.885	223.755					
33	002	735722.539	5643254.910	227.031					
34	002	735720.929	5643252.067	227.056					
35	002	735720.925	5643252.079	230.356					
36	002	735722.668	5643254.650	230.292					
37	002	735722.639	5643255.009	230.708					
38	002	735720.867	5643251.941	230.699					

Anhang Q: Grundrisse Bürogebäude

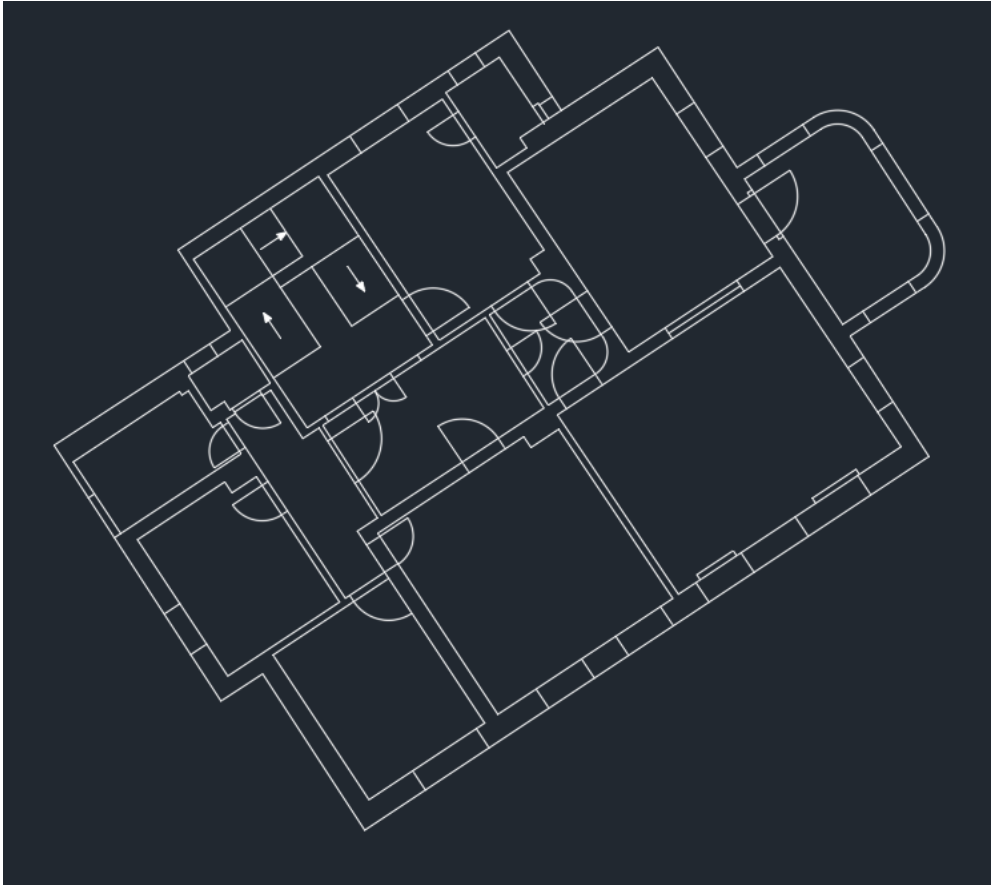
Grundriss Erdgeschoss:



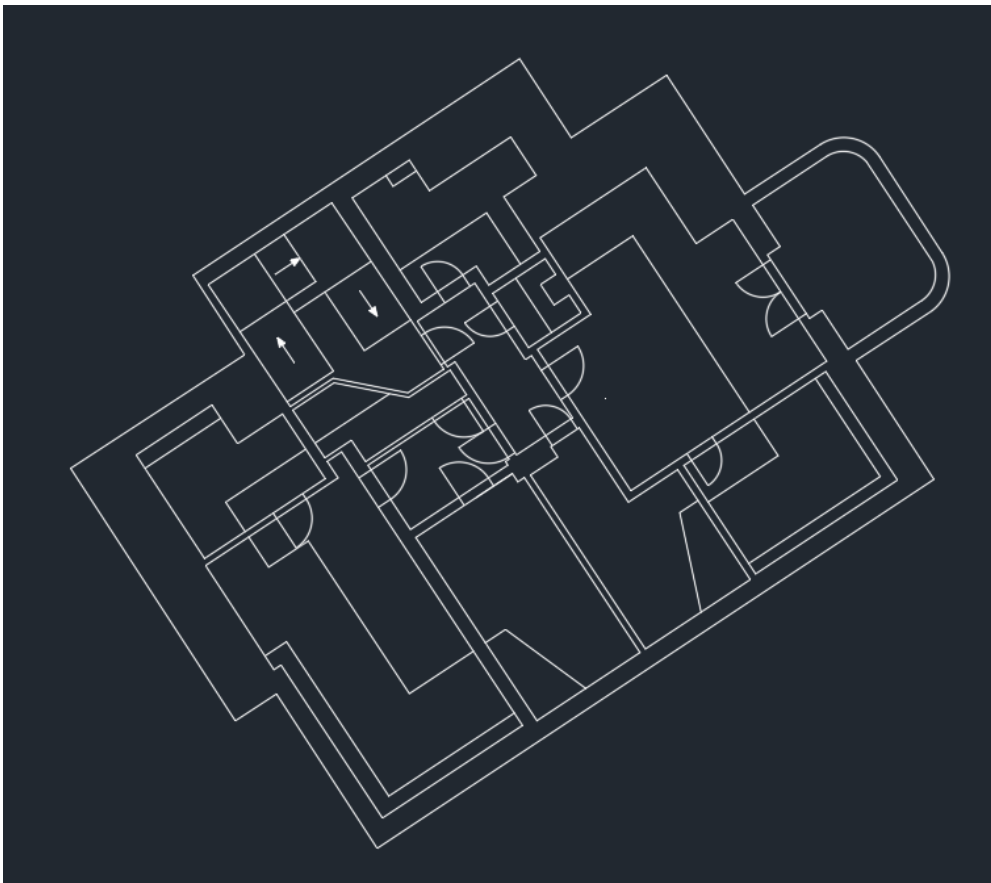
Grundriss 1. Obergeschoss:



Grundriss 2. Obergeschoss:



Grundriss Dachgebergeschoss:



Koordinatentabelle Vergleich Lage LoD2 / terrestrische Vermessung

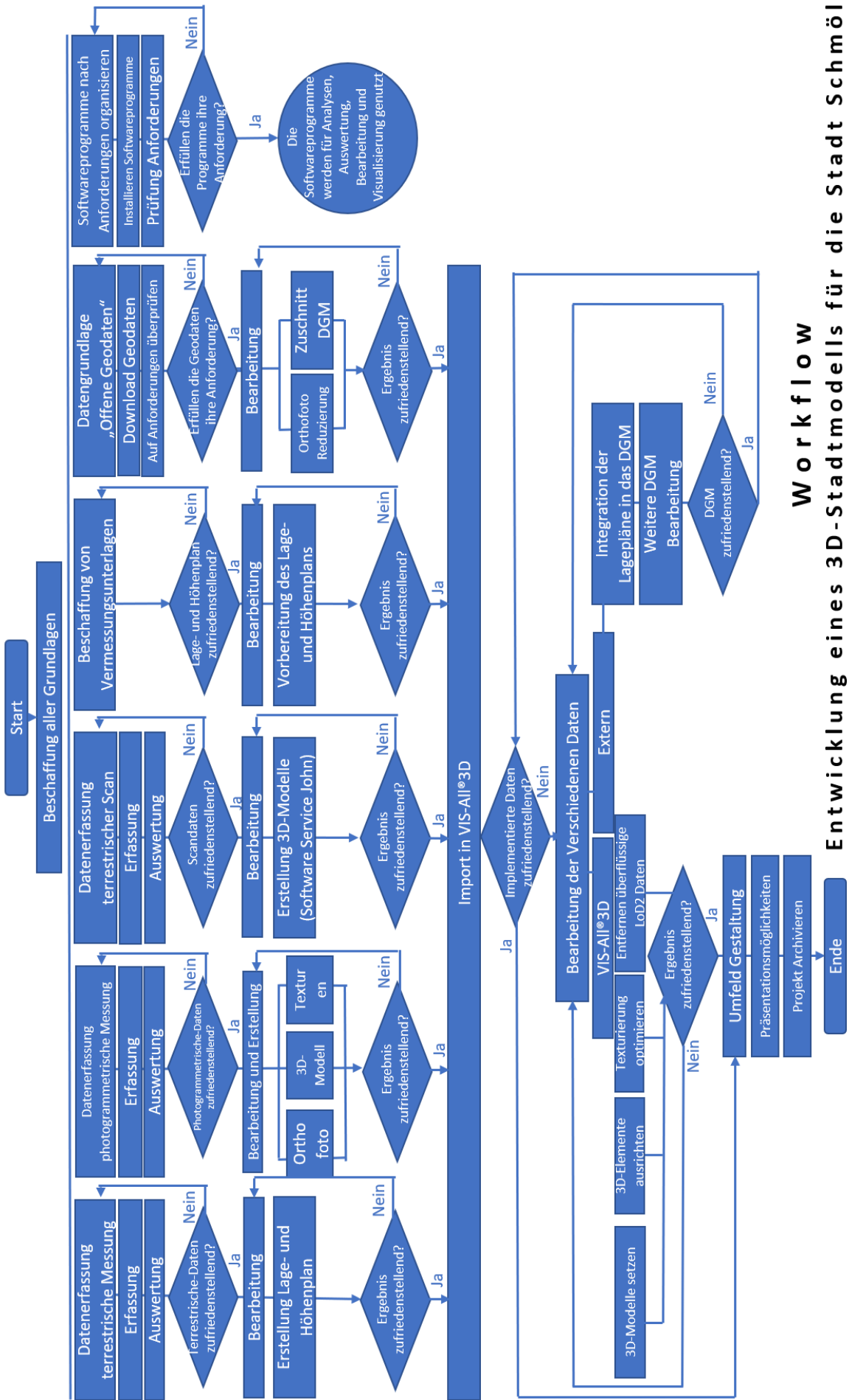
Vergleich Lage LoD2 / terrestrische Vermessung					
Gebäude Markt	ALK Koordinate				
Hausnummer 33	Rechtswert	Hochwert	LoD2 Koordinate Rechtswert	Lageplan Koordinte Rechtswert	Koordinatenabweichung ALK zu LoD2 Hochwert
Recht Hausecke	735763,19	5643543,77	735763,19	735765,37	0
Linke Hausecke	735757,65	5643537,93	735757,65	735758,87	0
				5643543,58	2,18
				5643537,28	1,22
					-0,1899999999
					-0,6499999999

Anhang S:

Vergleich Traufhöhe LoD2 /

terrestrische Vermessung

Vergleich Traufhöhe LoD2 / terrestrische Vermessung									
	PunktNr.	Terrestrische Koordinate		Hochwert		Höhe	LoD2 Koordinate		
		Rechtswert		5643533,99		226,14	Rechtswert		
Rathaus	45	735815,71		5643533,99		226,14	735815,73	5643533,98	
	46	736804,68		5643526,18		226,08	736804,72	5643526,18	
Feuerwehrturm	13	735723,13		5643255,81		230,71	735723,04	5643255,76	
	12	735720,38		5643251,15		230,69	735720,27	5643251,1	
				Koordinatenabweichung		Hochwert		Höhenabweichung	
				Rechtswert		0,01			
				-0,02		0		-0,47	
				-0,04		0,05		-0,53	
				0,09		0,050000001		-0,48	
				0,11				-0,5	





Entwicklung eines 3D Stadtmodells

Bachelorarbeit zum Thema: „Entwicklung eines 3D-Stadtmodells für die Stadt Schmöln“

Betriebliche Aufgabenstellung für Herrn Marvin Gabler:

- Erstellung eines Konzeptes zur Idee / VIS-All 3D-Stadtmodell Schmöln /
- Vorstellung des Konzeptes im Vermessungsbüro (Hardwarevoraussetzungen, Hardwarebeschaffung)
- Vorstellung der Idee im Softwarehaus (Klärung, welche Lizenzen erforderlich sind, Support, weitere Programme?)
- Installation der Software, (Liste, Laufzeiten und Module)
- Einarbeitung in die Programme (VisAll3D, GEOgraf, AutoCAD, TBC, SketchUp, GIMP PhotoScan,...)
- Akquise der Projektpartner (Beratungen, Präsentation und Vorträge organisieren sowie die dazu nötigen Termine vereinbaren)
- Beschaffung / Download, entpacken und aufbereiten der „Offenen Geodaten“
- Implementierung dieser Daten in das Visualisierungsprogramm
- Zuschnitt des Geländemodells an der Verwaltungsgebietsgrenze der Stadt Schmöln
- Anfertigung einer terrestrischen Vermessung des Betriebsgeländes
- Implementierung des Bestandsplanes, Texturierung der Grünflächen, Parkflächen, Gehweg- und Straßenbeläge, Ausgestaltung mit 3D- Elementen
- Beschaffung / Konvertierung/ vorhandener Bestandspläne im Bereich des Marktplatzes
- Implementierung der vorhandenen Unterlagen, Texturierung der unterschiedlichen Parkflächen, Gehweg- und Straßenbeläge, Modellierung der Treppenanlage am östlichen Markttende, Ausgestaltung mit 3D Elementen, Neuerstellung stadttypischer 3D- Elemente (Pflanzkübel, Baumgitter, Fahrradständer)
- Erstellung ausgewählter Fassadenfotos im Marktbereich, Fotoretusche, Entzerrung, Implementierung
- Erstellung eines Orthophotos einer Fassade als Anwendungsbeispiel, Implementierung
- Erstellung eines 3D-Modells des ortsbildprägenden Stadtbrunnens aus photogrammetrisch gewonnenen Daten, Implementierung
- Anfertigung terrestrischer Laserscans, Organisation einer externen Modellierung durch Projektpartner, Implementierung
- Erstellung eines LoD3- Gebäudemodells (Büro) aus vorhandenen Grundrissdaten und notwendigen Ergänzungsvermessungen, Implementierung
- Ausarbeitung einer Absichtserklärung zur Weiterführung des Projektes mit den beteiligten Projektpartnern
- Interaktive Präsentation der Ergebnisse (Projektpartner, Stadtrat, interessierte Bürger)