

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Fakultät Elektrotechnik, Medien und Informatik

Studiengang Geoinformatik und Landmanagement

Studienrichtung Geodäsie und Landmanagement

Bachelorarbeit

von

Dominik H a a s

**Rekonstruktion der historischen räumlichen Entwicklung von
Ortslagen basierend auf Unterlagen der Bayerischen
Vermessungsverwaltung am Beispiel von Edelsfeld**

Reconstruction of the development of sites based on
documents of the Bavarian Surveying and Mapping Authority
using the example of Edelsfeld

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Fakultät Elektrotechnik, Medien und Informatik

Studiengang Geoinformatik und Landmanagement

Studienrichtung Geodäsie und Landmanagement

Bachelorarbeit

von

Dominik Haas

**Rekonstruktion der historischen räumlichen Entwicklung von
Ortslagen basierend auf Unterlagen der Bayerischen
Vermessungsverwaltung am Beispiel von Edelsfeld**

Reconstruction of the development of sites based on
documents of the Bavarian Surveying and Mapping Authority
using the example of Edelsfeld

Bearbeitungszeitraum: von 11. September 2024
bis 10. Februar 2025

1. Prüfer: Prof. Dr. Ulf Kreuziger
2. Prüfer: Prof. Dr. Henry Meißner

Eigenständigkeitserklärung gemäß § 27 (8) ASPO

Name und Vorname

der Studentin/des Studenten: **Haas, Dominik**

Studiengang: **Geoinformatik und Landmanagement**

Ich bestätige, dass ich die Bachelorarbeit mit dem Titel:

Rekonstruktion der historischen räumlichen Entwicklung von Ortslagen basierend auf
Unterlagen der Bayerischen Vermessungsverwaltung am Beispiel von Edelsfeld

selbständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als
die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benützt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als
solche gekennzeichnet habe.

Datum: 10. Februar 2025

Unterschrift:

Bachelorarbeit Zusammenfassung

Studentin/Student (Name, Vorname):	Haas, Dominik
Studiengang:	Geoinformatik und Landmanagement
Aufgabensteller, Professor:	Prof. Dr. Ulf Kreuziger
Durchgeführt in (Firma/Behörde/Hochschule):	ADBV Neumarkt i.d.OPf.
Betreuer in Firma/Behörde:	VD Ludwig Seger
Ausgabedatum:	11. September 2024
Abgabedatum:	10. Februar 2025

Titel:

Rekonstruktion der historischen räumlichen Entwicklung von Ortslagen basierend auf Dokumenten der Bayerischen Vermessungsverwaltung am Beispiel von Edelsfeld

Zusammenfassung:

Um die Möglichkeit zu untersuchen, die historische Entwicklung von Ortslagen in Bayern zu rekonstruieren, wird für die als Beispiel ausgesuchte Ortschaft Edelsfeld ein zweidimensionales und dreidimensionales digitales zeitliches Ortsmodell hergestellt. Datengrundlage sind dafür historische und aktuelle Daten der Bayerischen Vermessungsverwaltung, die ältesten davon entstammen der bayerischen Erstvermessung von 1835. Modelliert werden Verkehrswege und Gebäude, zunächst in 2D und anschließend in 3D im Detailgrad LoD2. Durch das Bestimmen der Lebensdauer jedes einzelnen Objektes entsteht ein zeitlich durchgängiges Modell, das sich über einen Zeitraum von 1835 bis 2024 erstreckt.

Dafür ist zunächst ein Zusammentragen und anschließendes Auswerten von Datenquellen notwendig. Zu historischen Karten und Luftbildern der Bayerischen Vermessungsverwaltung kommen aktuelle Geodaten hinzu, die durch private Fotografien und weitere Daten ergänzt werden.

Zeitliche und räumliche Daten gehen in Geo-Informationssysteme ein, mit dem zunächst ein zweidimensionales Ortsmodell bearbeitet wird. Zeitliche Informationen stellen dabei Attribute der einzelnen Objekte dar. Auf Basis des zweidimensionalen Modells entsteht zusammen mit 3D-Gebäudemodellen der Vermessungsverwaltung schließlich ein dreidimensionales temporales Ortsmodell. Darüber hinaus wird überprüft, inwiefern das Vorgehen allgemein auf Ortslagen in Bayern angewendet werden kann.

Schlüsselwörter: Ortsmodell, Stadtmodell, 3D-Gebäudemodell, Temporales Ortsmodell, Rekonstruktion, Entwicklung von Ortslagen, Bayerische Vermessungsverwaltung, Edelsfeld

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	xi
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielstellung und Vorgehensweise	2
1.3 Leitfragen	3
2 Theoretische Grundlagen	4
2.1 Grundlegende Definitionen	4
2.2 Geo-Informationssysteme und Geodaten	5
2.2.1 Geo-Informationssystem	5
2.2.2 Geo-Informationssystem QGIS	7
2.2.3 Geo-Informationssystem ArcGIS Pro und ArcGIS Online	7
2.2.4 Daten und Informationen	8
2.2.5 Datenarten und Datenformate	9
2.3 Stadtmodelle und zeitliche Modelle	11
2.3.1 3D-Stadtmodelle.....	11
2.3.2 Standard CityGML	11
2.3.3 Detailstufen LoD	12
2.3.4 Zeitliche Modelle und Dimension.....	13
2.4 Koordinatensysteme und Koordinatenoperationen	15
2.4.1 Soldner-Koordinatensystem	15
2.4.2 Gauß-Krüger-Koordinatensystem	16
2.4.3 UTM-Koordinatensystem.....	18
2.4.4 Höhenbezugssystem DHHN2016	19
2.4.5 Temporale Bezugssysteme	19
2.4.6 Koordinatenoperationen	19

2.5	Amtliche Vermessung und Gebäudeeinmessung in Bayern	20
2.5.1	Flurkarte und Blatteinteilung	21
2.5.2	Digitale Flurkarte	22
2.5.3	ALKIS®	22
2.5.4	Messmethoden.....	23
2.6	Amtliche Luftbildbefliegung in Bayern	27
2.7	Photogrammetrische Verfahren.....	29
2.7.1	Auswertung von Luftbildern	30
2.7.2	Interpretation von Gebäudehöhen und Dachformen aus Fotografien	32
2.8	Edelsfeld als Beispiel	32
3	Datengrundlage	34
3.1	Räumliche Daten und Unterlagen	34
3.1.1	Uraufnahmeblätter.....	34
3.1.2	Liquidationsplan und weitere analoge Flurkarten	37
3.1.3	Messoperate.....	39
3.1.4	Fortführungsrisse.....	40
3.1.5	Gebäudedaten der Digitalen Flurkarte	42
3.1.6	Daten aus ALKIS	43
3.1.7	3D-Gebäudemodelle (LoD2).....	44
3.1.8	Luftbilder und Digitale Orthophotos.....	45
3.1.9	Digitales Geländemodell	46
3.1.10	Historische Topographische Karten	46
3.1.11	Fotografien aus privater Hand.....	46
3.2	Sachdaten und textbasierte Unterlagen	47
3.2.1	Amtliche Ortsverzeichnisse.....	47
3.2.2	Beilagen des Grundsteuerkatasters in Schriftform.....	48
3.2.3	Sonstige Textquellen	48
4	Verarbeitung der Datengrundlage	50

4.1	Organisation und Speicherung	50
4.2	Digitalisierung und Kategorisierung	50
4.2.1	Digitalisierung analoger Unterlagen	50
4.2.2	Kategorisierung der digitalen und digitalisierten Daten	51
4.3	Verarbeitung der Daten der Kategorie A	52
4.3.1	Verarbeitung der Hausumringe	52
4.3.2	Verarbeitung der NBA-Daten	53
4.3.3	Verarbeitung der DFK-Gebäudedaten	53
4.3.4	Verarbeitung der 3D-Gebäudemodelle	53
4.4	Verarbeitung der Daten der Kategorie B.....	54
4.5	Verarbeitung der Daten der Kategorie C.....	54
4.5.1	Georeferenzierung	54
4.5.2	Generierung eines TrueDOPs.....	55
4.6	Verarbeitung der Daten der Kategorie D	57
5	Modellierung.....	58
5.1	Vorüberlegungen und Modellierungsgrundsätze	58
5.1.1	Vorüberlegungen und Grundsätze zur räumlichen Komponente	58
5.1.2	Vorüberlegungen und Grundsätze zur zeitlichen Komponente	59
5.2	Datenmodell	60
5.2.1	Datenmodell der Gebäude	61
5.2.2	Datenmodell der Verkehrswege	64
5.3	2D-Modellierung mit QGIS	65
5.4	3D-Modellierung mit ArcGIS Pro.....	67
5.5	Visualisierung des Modells	69
5.5.1	Visualisierung mit ArcGIS Online	69
5.5.2	Weitere Möglichkeiten der Visualisierung	70
5.6	Zwischenfazit	71
6	Ergebnis	72

6.1	Zusammenstellung der Ergebnisdaten	72
6.2	Übertragbarkeit auf Ortslagen in Bayern	72
6.3	Genauigkeitsbetrachtungen und Validierung	73
6.3.1	Genauigkeit der Lage und Höhe	73
6.3.2	Genauigkeit der Zeit	75
6.3.3	Vergleich mit Amtlichen Ortsverzeichnissen	76
6.4	Zwischenfazit	77
7	Einsatzmöglichkeiten und Ausblick.....	78
8	Resümee	79
Anhang	.....	80
A	Tabellarische Aufstellungen verwendeter Daten und Unterlagen	80
A.1	Aufstellung der Messoperete.....	80
A.2	Aufstellung der Fortführungsrisse	81
A.3	Aufstellung der Luftbilder und Orthophotos.....	87
A.4	Aufstellung der historischen Fotografien.....	90
A.5	Aufstellung der sonstigen Textquellen	95
B	Angaben zur Datenauswertung	96
Abbildungsverzeichnis	.....	97
Tabellenverzeichnis	.....	99
Literaturverzeichnis	.....	100
Danksagung	.....	108

Abkürzungsverzeichnis

ADBV.....	<i>Amt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung</i>
ÄDBV.....	<i>Ämter für Digitalisierung, Breitband und Vermessung</i>
AdV.....	<i>Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland</i>
AFIS.....	<i>Amtliches Festpunktinformationssystem</i>
ALKIS.....	<i>Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem</i>
ALKIS-OK.....	<i>ALKIS-Objektartenkatalog</i>
ATKIS.....	<i>Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem</i>
BBSR.....	<i>Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung</i>
BVV.....	<i>Bayerische Vermessungsverwaltung</i>
CIR-DOP.....	<i>Digitales Orthophoto Color-Infrarot</i>
DOM.....	<i>Digitales Oberflächenmodell</i>
DOP.....	<i>Digitales Orthophoto</i>
DOP20.....	<i>Digitales Orthophoto 20 cm</i>
FME.....	<i>Feature Manipulation Engine</i>
GeoInfoDok.....	<i>Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens in Deutschland</i>
GIS.....	<i>Geo-Informationssystem</i>
GK-System.....	<i>Gauß-Krüger-System</i>
GML.....	<i>Geography Markup Language</i>
JPEG.....	<i>Joint Photographic Expert Group</i>
KatA.....	<i>Anweisung zur Fortführung und Nutzungs des Liegenschaftskatasters</i>
LDBV.....	<i>(Bayerisches) Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung</i>
NBA.....	<i>Nutzerbezogene Bestandsdatenaktualisierung</i>
OGC.....	<i>Open Geospatial Consortium</i>
PNG.....	<i>Portable Network Graphics</i>
SIG3D.....	<i>Special Interest Group 3D</i>
TIFF.....	<i>Tagged Image File Format</i>
TK25.....	<i>Topographische Karte 1:25.000</i>
TK50.....	<i>Topographische Karte 1:50.000</i>
UML.....	<i>Unified Modeling Language</i>
UTC.....	<i>Coordinated Universal Time, koordinierte Weltzeit</i>
UTM.....	<i>Universale Transversale Mercator</i>

1 Einleitung

Historische Orts- bzw. Stadtmodelle sind keine Seltenheit. Städte wie Karlsruhe, Fulda oder Leipzig stellen auf ihrer Internetseite ein historisches digitales Stadtmodell öffentlich zur Verfügung (Günther-Diringer, 2016; Magistrat der Stadt Fulda, 2023; Stadt Leipzig, 2025). Die Modelle der genannten Städte beziehen sich jedoch immer in einzelnen Zeitschnitten auf konkrete Jahreszahlen und nicht, wie in der vorliegenden Arbeit geplant auf einen durchgehenden Zeitraum. Die digitale Modellierung von Stadtmodellen zählt bereits zum Alltagsgeschäft, auch der Standard CityGML spielt hierbei eine Rolle. Für die als Beispiel gewählte Ortschaft Edelsfeld existiert bisher kein historisches Modell, ein solches Ortsmodell ist somit ein Novum.

Themen der Zeitgeschichte und mit Zeitbezug stellen im Bereich der Geo-Informationssysteme (GIS) lediglich Randbereiche dar und sind nach Brinkhoff (2022, S. 84) noch Gegenstand der Forschung. Dennoch beschäftigen sich Winkler (2023) und Borggräfe et al. (2022) mit der Modellierung historischer Daten in GIS. Winkler beschreibt in der Masterarbeit 2023 die Erstellung eines 3D-Stadtmodells mithilfe einer Bildkarte und Luftbilder des Landesamts für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) und untersucht, warum das Auseinandersetzen mit der Vergangenheit Vorteile mit sich bringen kann. Borggräfe et al. setzen sich mit Geo-Informationssystemen in der historischen Forschung auseinander, wie beispielsweise bei der Untersuchung von Flucht und Migration in der Mitte des 20. Jahrhunderts mit kartographischen Visualisierungen und weiteren Werkzeugen von GIS.

1.1 Motivation

Hauptsächlicher Anlass ist die Dokumentation der historischen räumlichen Struktur und des Wandels der Ortschaft Edelsfeld durch das Zusammensetzen der Informationen vieler einzelner Dokumente und Unterlagen. Betrachter des fertigen Modells sollen einen Gesamteindruck über einstige Verhältnisse und den Wandel des Ortsbildes bekommen, der ohne das Modell so nicht möglich ist.

Ein weiterer Anlass sind die Interviews, die auf der Homepage der Gemeinde Edelsfeld veröffentlicht werden. Diese Interviews sind Tonaufnahmen mit Zeitzeugen aus der Gemeinde, die vom ländlichen Leben vergangener Jahrzehnte berichten. Trotz häufig beigefügter Fotografien ist eine räumliche Verortung vieler erzählter Geschehnisse meist nicht mehr möglich, da viele räumliche Merkmale und Anhaltspunkte nicht mehr existieren. (Gemeinde Edelsfeld, 2025)

1.2 Zielstellung und Vorgehensweise

Ziel ist ein digitales Ortsmodell, welches einen möglichst durchgehenden Zeitraum vom Zeitpunkt der Erstvermessung bis zum Stichtag 01.09.2024 abdecken soll und nicht nur den Stand weniger, ausgewählter Jahre. Darüber hinaus soll die Visualisierung historischer Stände des Ortes die Entwicklung dokumentieren, sodass der Betrachter einen Eindruck der jeweiligen Zeit erhält. Der Detailgrad ist stark von verfügbaren Quellen abhängig. So sind Gebäude und Straßen im 19. Jahrhundert aufgrund zeitgemäßer ungenauerer Messmethoden wesentlich schlechter dokumentiert als heute. Zunächst soll ein zweidimensionales Modell entstehen, das entsprechend zusätzlichen Informationen um die dritte Dimension auf ein 3D-Modell erweitert wird.

Das Thema der Bachelorarbeit ist die Rekonstruktion der historischen räumlichen Entwicklung am Beispiel des Ortes Edelsfeld seit Beginn der Uraufnahme im Jahr 1835 durch die Rekonstruktion von Straßen und Gebäuden mithilfe von Daten und Unterlagen der Bayerischen Vermessungsverwaltung (BVV) und zusätzlicher Dokumente. Darüber hinaus wird geprüft, inwiefern Erkenntnisse allgemein auf Ortslagen in Bayern übertragen werden können. Der Prozess beginnt mit der Sichtung, Auswertung und Digitalisierung der notwendigen Unterlagen und Informationsquellen. Im darauffolgenden Schritt wird in einem geeigneten Programm, bzw. Geo-Informationssystem die Modellierung in sinnvollen Datenformaten umgesetzt. Abschließend wird erläutert, welchen Nutzen das Ergebnis und die daraus gewonnene Erkenntnis bringt und wie das Modell präsentiert werden kann.

1.3 Leitfragen

Folgende Leitfragen sollen den gesamten Prozess begleiten und schließlich beantwortet werden:

1. Lassen sich Gebäude und Verkehrswege von Edelsfeld in einem Zeitraum von 1835 bis 2024 mit Unterlagen der Bayerischen Vermessungsverwaltung in einem digitalen Ortsmodell rekonstruieren und wenn ja, wie modellieren und visualisieren?
2. Wie können Fotografien und schriftliche Aufzeichnungen von nichtamtlicher Seite die Rekonstruktion unterstützen?
3. Wie hat sich der Bestand an Gebäuden und Verkehrswegen in Edelsfeld seit der Uraufnahme im Jahr 1835 verändert?
4. Können die Erkenntnisse allgemein auf Ortslagen in Bayern übertragen werden?
5. Welche zeitliche und räumliche Genauigkeit kann für rekonstruierte Gebäude angegeben werden?
6. Wie korreliert die Zahl der Gebäude mit der Einwohnerzahl, sind dabei Auswirkungen historischer Ereignisse, wie der zweite Weltkrieg, erkennbar?
7. Wer hat einen Nutzen von den erzeugten Daten und wie kann eine sinnvolle Nutzung des gewonnenen Modells aussehen?
8. Wie kann das Ergebnis der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden?

2 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden Grundbegriffe definiert und technisch und historisch Grundlegendes, wie die Art und Weise der Herstellung des Datenmaterials, erläutert. Auf Angaben und Grundlagen zu den Daten und Unterlagen selbst wird in Kapitel 3 eingegangen.

2.1 Grundlegende Definitionen

Rekonstruktion bezeichnet im allgemeinen Sprachgebrauch die Nachbildung, die Wiederherstellung oder das Erschließen und Wiedergeben von etwas Geschehenem. Es beschreibt sowohl einen Vorgang als auch dessen Ergebnis. In der vorliegenden Arbeit soll die historische räumliche Entwicklung von Ortslagen rekonstruiert werden. Einschränkend beschreibt das Adjektiv *historisch* den untersuchten Zeitraum, der in der Vergangenheit liegt und mit der Gegenwart endet, ausdrücklich ausgenommen sind Untersuchungen zu Prognosen oder zukünftigen Entwicklungen. Eine weitere Eingrenzung ist die *Entwicklung des Räumlichen*, also den Raum, dessen Strukturen und Erscheinungsbild betreffend. Bezogen auf Ortslagen prägen Gebäude und Verkehrswege das Ortsbild wesentlich, das ist auch daran zu erkennen, dass hauptsächlich Gebäude und Wege einer Ortschaft in topographischen Karten dargestellt werden. Daher werden Flurstücke explizit ausgeschlossen, ein weiterer Grund hierfür ist die Tatsache, dass Daten zu Flurstücken in Bayern dem Datenschutz unterliegen und nur kostenpflichtig verfügbar sind und dadurch Konflikte bei der Veröffentlichung entstehen können (Bayerische Vermessungsverwaltung [BVV], 2025b). Ebenso bei der Modellierung vernachlässigt wird die Vegetation. Der Ausdruck *Ortslage* ist nicht gesetzlich definiert und meint die bebaute Fläche einer Ortschaft. Für eine derartige Rekonstruktion ist umfangreiches Quellenmaterial erforderlich, der Zeitraum, in dem diese möglich ist, richtet sich nach der Verfügbarkeit von Quellen. Durch die amtliche Vermessung in Bayern liegen seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts bis heute Unterlagen in geforderter Qualität vor, sodass ein sinnvoller Startpunkt der Rekonstruktion mit dem Beginn amtlicher Aufzeichnungen übereinstimmt. Die Bezeichnung *Unterlagen* schließt sowohl analoge Karten, Pläne, Texte und Bilder als auch digitale Daten mit ein. Der gesamte Vorgang soll auf dem Datenmaterial der BVV jedoch nur basieren, sie also zur Grundlage nehmen, und nicht ausschließlich darauf aufbauen. Grund dafür ist, dass durch die Ergänzung mit Unterlagen aus privaten Beständen eine Verbesserung der Rekonstruktion erzielt werden soll. Dieses Vorhaben wird an der Ortschaft Edelsfeld durchgeführt, die beispielhaft für ein Dorf im ländlichen Raum Bayerns steht. Dabei soll geprüft werden, inwiefern das Ergebnis in der Folge allgemein auf Ortslagen in Bayern übertragen werden kann. Wenn nicht anders gekennzeichnet bedeutet Bayern,

abhängig vom Kontext, das politische Gebiet des Freistaats, bzw. Königreichs Bayern zur jeweiligen Zeit, davon jedoch ausgenommen werden soll das einst zum Königreich zugehörige Gebiet der Pfalz links des Rheins.

Die Rekonstruktion zielt folglich in der vorliegenden Arbeit auf die modellhafte, vereinfachte Darstellung von Gebäuden und Verkehrswegen als Abbild der Realität über die Zeit hinweg ab. Hierbei finden sich Gebäude und Abschnitte von Wegen im Modell als einzelne Objekte wieder. Gebäude sollen im 2D-Modell durch ihre Grundfläche und im 3D-Modell im Detailgrad LoD2 ohne Texturen repräsentiert werden. Verkehrswege sollen in beiden Modellen flächenhaft dargestellt werden. Diese Objekte bestehen aus räumlichen Komponenten und Attributen, wie der Form, Größe und Lage von Gebäuden oder Wegen, sowie aus zeitlichen, wie dem Datum der Entstehung und des Untergangs. Gebäude sind dabei Bauwerke, die betreten werden können. Priorität bei der Darstellung sollen öffentliche Gebäude, Wohngebäude und Wirtschaftsgebäude haben, wenn diese im Kataster erfasst wurden oder eine Grundfläche haben, die größer als der eigens festgelegte Grenzwert von 13 m² ist. Unter Verkehrswegen sind Straßen im heutigen Sinne zu verstehen, die befahren werden, aber auch Fußwege, die nicht neben Fahrbahnen verlaufen. Im historischen Sinne gehören Wege, sobald sie in amtlichen Unterlagen erfasst sind, unabhängig von deren Nutzung dazu.

2.2 Geo-Informationssysteme und Geodaten

2.2.1 Geo-Informationssystem

Optimale Verarbeitungsmöglichkeiten für räumliche Daten und Ortsmodelle bieten Geo-Informationssysteme (GIS). Bill beschreibt 2023 ein Geo-Informationssystem als ein aus Hardware, Software und Daten bestehendes rechnergestütztes System. In einem GIS lassen sich Daten und Informationen mit Raumbezug digital erfassen, modellieren, organisieren sowie darstellen und visualisieren. GIS dienen der Modellierung und Bearbeitung raumbezogener Problemstellungen verschiedenster Anwendungsgebiete. Unter dem Begriff GIS wird die Technologie und das Produkt, wie z.B. QGIS oder ArcGIS Pro verstanden, aber auch Vorhaben, Geoinformationen bereitzustellen und zu behandeln. Ein GIS ist eine Sonderform eines Informationssystems, mit dem raumbezogene Informationen behandelt werden können. Durch raumbezogene Informationen wird direkt oder indirekt der Bezug zwischen einem Objekt oder einer Sache und einem Ort auf der Erdoberfläche hergestellt. GIS erlauben es, Datenmaterial auf verschiedene Art und Weise zusammenzustellen, wodurch eine Vielzahl an Modellen und Abbildungen der realen Welt entsteht, grundlegende Datenmodelle können dabei frei festgelegt werden. (Bill, 2023, S. 25–26)

Kunz (2008) bezeichnet ein raumbezogenes und multimediales historisches Informationssystem auf Basis eines GIS als HGIS. Die Abkürzung HGIS steht dabei für ein historisch-geographisches Informationssystem, eine eigene, alternative Interpretation ist historisches Geo-Informationssystem. Diese Bezeichnung kann sinngemäß auf die in der vorliegenden Arbeit zum Einsatz kommenden Geo-Informationssysteme übertragen werden.

In GIS findet das Ebenenprinzip Anwendung. Einzelne Ebenen, die auch Layer genannt werden repräsentieren eine Datei mit verschiedener thematischer Bedeutung. Durch den Raumbezug werden Ebenen miteinander verknüpft. Der Raumbezug entsteht durch den Ursprung, den Maßstab und die Richtung eines Layers in GIS. (Bill, 2023, S. 452–453)

Aus Sicht der objektorientierten Modellierung fasst eine Klasse als Schema gleichartige Objekte zusammen und beschreibt diese. Objekte einer Klasse zeichnen sich durch gleiche Eigenschaften aus. Der Begriff Klasse soll in diesem Kontext einzelne Layer, bzw. thematischen Ebenen des Ortsmodells beschreiben und dafür stark vereinfacht verwendet werden. Beziehungen und Operationen werden deswegen vernachlässigt, lediglich die Attribute sollen in diesem Zusammenhang eingeführt und eingesetzt werden. Attribute beschreiben individuell Objekteigenschaften mit verschiedenen Datentypen. (Bill, 2023, S. 230–231)

In QGIS werden in Attributen vom Typ *int* (integer) ganzzahlige Daten gespeichert, mit *double* Dezimalzahlen. Der Datentyp *string* ist für Attribute in Textform, der Typ *date* ist für zeitliche Datumsangaben vorgesehen.

Analog zu relationalen Datenbanken können in einem GIS die Attribute der Objekte eines Layers in einer Tabelle dargestellt werden, die als Attributtabelle bezeichnet wird. Eine Zeile steht dabei für ein Geobjekt, die Spalten entsprechen den einzelnen Attributfeldern mit dem jeweiligen Datentyp. (Brinkhoff, 2022, S. 22)

Ein Geobjekt (auch Spatial Feature oder Feature) ist eine Einheit in GIS, die durch Geoinformationen eindeutig beschrieben wird und sich in der Realität identifizieren und referenzieren lässt. Geobjekte dienen als Abbild einer durch physikalische, geometrische, konkrete oder begriffliche Eigenschaften begrenzte Einheit der Erde bzw. eines realen Objekts und lassen sich als solche in Objektklassen einteilen. Geodatenbanksysteme sind Datenbanksysteme, mit denen Geodaten und Geobjekte gespeichert werden. (Bill, 2023, S. 37; Brinkhoff, 2022, S. 34)

Geo-Informationssysteme können verschiedenen Dimensionen aufweisen, dazu sind im Rahmen dieser Arbeit drei relevant. Zu den relevanten zählen die geometrische Dimension, die

thematische Dimension und die temporale (zeitliche) Dimension. Ein GIS ist geometrisch zweidimensional, wenn ebene Geodaten mit zweidimensionalen Koordinaten verarbeitet werden und dreidimensional, wenn die Koordinaten auch die dritte Dimension beinhalten. Thematische Dimensionen stehen für die Anzahl von Objektklassen oder Ebenen. Auf die zeitliche Dimension wird in Kapitel 2.3.4 gesondert eingegangen. (Bill, 2023, S. 44–45)

Bezogen auf das temporale Ortsmodell ist die 2D-Komponente davon geometrisch zweidimensional, das eigentliche Modell selbst ist thematisch dreidimensional, da die drei Ebenen *Gebäude_2024*, *Gebäude_historisch* und *Verkehrswege* dargestellt werden sollen. Beigefügte Hintergrunddaten (Karten und Luftbilder) ergeben weitere thematische Ebenen. Die 3D-Komponente wird neben den drei genannten Ebenen in dreidimensionaler Ausführung um ein Digitales Geländemodell ergänzt und ist somit thematisch vierdimensional, wenn Hintergrundkarten unberücksichtigt bleiben.

2.2.2 *Geo-Informationssystem QGIS*

QGIS ist ein freies Open-Source Geo-Informationssystem, zur Erstellung, Analyse und Visualisierung von Geodaten, verarbeitet werden können dabei Raster- und Vektordaten. Zu den unterstützten Dateiformaten zählen u.a. Shape, GeoPackage und CityGML. QGIS findet auch intern an Ämtern für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (ÄDBV) Verwendung. Die Dateiendung des Projektdateiformats ist *.qgz*. Ein Nachteil von QGIS ist, dass die 3D-Bearbeitung nur sehr eingeschränkt möglich ist. (Brinkhoff, 2022, S. 16; Ramdani, 2023, S. 1–3)

2.2.3 *Geo-Informationssystem ArcGIS Pro und ArcGIS Online*

ArcGIS Pro ist ein Desktop-GIS der Firma Esri zur zwei- und dreidimensionalen Verarbeitung und Visualisierung von Geodaten. Der Hauptbestandteil für den Nutzer ist eine grafische Benutzeroberfläche, die einzelnen Funktionen des GIS sind nicht in Werkzeugleisten, sondern in Menübändern angeordnet. ArcGIS Pro verfügt über eine eigene Grafik-Engine, die sowohl die Ressourcen des Haupt-, als auch des Grafikprozessors direkt nutzt. Dies führt abhängig von verfügbarer Hardware zu einer gesteigerten Performanz in der Visualisierung zwei- und dreidimensionaler Geodaten. Mit der Markteinführung von ArcGIS wurde ein neues Projektformat mit der Endung *.aprj* auf den Markt gebracht. Daten werden in einem ArcGIS-Projekt in einer Geodatenbank-Datei (GeoDataBase) gespeichert. (Kaiser, 2024, S. 24–25)

Die Plattform ArcGIS Online ist eine Sammlung unterschiedlicher webbasierter Dienste sowie eine Datenquelle. ArcGIS Pro ermöglicht die Einbindung von Diensten aus ArcGIS Online, sogenannter ArcGIS Online Services. Dadurch können verschiedene Geodaten und

Geodatendienste direkt in ArcGIS Pro geladen werden. Darüber hinaus dient ArcGIS Online als Plattform zum Austausch von Geodaten, Nutzer können selbst Daten für alle oder eine bestimmte Gruppe anderer Nutzer hochladen. Diese Funktion wird in der vorliegenden Arbeit dazu verwendet, Interessierten das 2D-Ortsmodell von Edelsfeld zur Verfügung zu stellen. (Kaiser, 2024, S. 31)

Ein Nachteil bei der Nutzung von ArcGIS Pro ist die Tatsache, dass das Dateiformat CityGML nicht in der Grundform des Programms unterstützt wird, was mit dazu beiträgt, dass CityGML nicht als Format zur Modellierung eingesetzt wird. Ein Vorteil dieses GIS ist die Plattform ArcGIS Online, die eine webbasierte Visualisierungsmöglichkeit darstellt.

2.2.4 Daten und Informationen

Bill beschreibt 2023 Daten im Sinne der Informatik als Zeichen, die mit einem Computer gespeichert, gelesen, verarbeitet und erzeugt werden können. Verallgemeinert fallen auch Bilder, Texte, Grafiken etc. und Daten unter den Ausdruck *Zeichen*. Daten sollen eine quantitative und qualitative Beschreibung von Eigenschaften von Objekten oder Einheiten in einem bestimmten Kontext und Anwendungsbereich erlauben. Daten an sich lassen sich vom Computer interpretieren, während der Mensch ohne Kenntnis von Interpretationsregeln und Strukturierungsvorschriften Daten grundsätzlich nicht lesen kann. (Bill, 2023, S. 20)

Geodaten sind Daten, bei denen ein Raumbezug vorliegt, sie können in GIS rechnergestützt verarbeitet werden und beschreiben Objekte und Strukturen der Erdoberfläche, bzw. einen Teil dieser. (Bill, 2023, S. 310; Brinkhoff, 2022, S. 13)

Informationen sind nach Bill zweckbezogenes Wissen. Information entsteht bei der Anwendung von Anweisungen und Regeln auf Daten. Das Ergebnis einer Anwendung von Wissen, Regeln und Transformationen durch jemanden, der mit Daten vertraut ist, ist der Gewinn neuer Fakten und Erkenntnisse. Die Information benötigt ein Medium, wie unsere Sprache, als Informationsmittel. Daten stellen erst dann wertvolle Informationen dar, wenn die Organisation und der Zweck der Daten bekannt sind. Daten lassen sich als Dateien auf einem digitalen Speichermedium speichern. (Bill, 2023, S. 21)

Im Kontext der vorliegenden Bachelorarbeit sagt eine Information z.B. etwas über die Dachform eines Gebäudes oder die Breite eines Weges aus. Es lassen sich räumliche Informationen, wie zur Lage, Form und Größe eines Objekts und Sachinformationen wie die Nutzung oder die Hausnummer eines Gebäudes und zeitliche Informationen unterscheiden.

Unterlagen im Sinne des Titels sind eine Gesamtheit an analogen Unterlagen in Papierform und digitalen Daten im Raster-, Vektor- und Textformat. Aus analogen Unterlagen müssen erst Informationen extrahiert werden oder direkt durch Digitalisierung zu digitalen Daten weiterverarbeitet werden.

2.2.5 Datenarten und Datenformate

Geodaten lassen sich in die Art der Daten, namentlich Vektor- und Rasterdaten einteilen. Datenformate von Geodaten können einer Art zugeordnet werden.

Vektordaten bezeichnet die Beschreibung raumbezogener Objekte auf Basis von Punkten. Dabei gelten die Einheiten Körper, Fläche, Linie und Punkt als geometrische Primitive, es können folglich sowohl zwei- als auch dreidimensionale Objekte beschrieben werden. Die Darstellung von Vektordaten im GIS kommt in allen Maßstabsbereichen vor, vor allem zwischen den Maßstäben 1:100 bis 1:1.000. Anwendung finden Vektordaten in der Stadtplanung, bei der Dokumentation von Leitungen und Schächten oder im Liegenschaftskataster. Erzeugt werden jene Vektordaten auf unterschiedliche Art und Weise, z.B. durch Messverfahren der Geodäsie oder durch das Digitalisieren von Kartenunterlagen und deren Inhalte. Vektordaten haben verschiedene Eigenschaften. Die geometrischen Primitiven sind Grundstrukturen, eine Linie besteht aus zusammenhängenden Punkten, eine Fläche wiederum aus geschlossenen Linien, Körper werden durch Flächen definiert. Im GIS bilden Flächen Polygone, zusammengesetzt Flächen ergeben MultiSurfaces (Körper). Vektordaten sind nach der Struktur der Objekte logisch geordnet und strukturiert, darum lässt sich ein Bezug zum einzelnen Objekt leicht herstellen. Die Erfassung der Vektordaten ist mit einfachen Methoden möglich, z.B. können einzelne Punkte eines Objekts durch einen Mausklick in der grafischen Benutzeroberfläche eines GIS erzeugt werden. Daraus ergibt sich jedoch eine lange Zeitdauer bei der Erfassung vieler einzelner Objekte, die mit deren Komplexität weiter ansteigt. Vorteilhaft ist aber, dass durch Vektordaten nur kleine Datenmengen entstehen, woraus sich kurze Rechenzeiten ergeben. Ein weiterer Vorteil ist eine scharfe Darstellung der Objekte am Bildschirm unabhängig vom Maßstab und der Zoomstufe. (Bill, 2023, S. 48–49)

Für Vektordaten gibt es eine Vielzahl an Dateiformaten, eines davon ist das Shape-Format.

Das Shape-Format ist ein gängiges und weit verbreitetes Vektordatenformat, das 1990 von der Firma Esri geschaffen und offengelegt wurde. Mit ihm werden lediglich sogenannte Simple-Feature-Classes, also Punkte, Linien und Flächen gespeichert. Eine Shape-Datei benötigt zur Vollständigkeit drei Dateien, die Hauptdatei mit der Endung *.shp*, eine Datenbankdatei zur Speicherung der Attribute mit Endung *.dbf* und eine Indexdatei, die die beiden anderen in

Beziehung zueinander setzt, diese trägt die Endung *.shx*. Für weitere Funktionen existieren weitere optionale Dateiformate. Seit der Einführung wurde der Formatstandard nicht mehr weiterentwickelt, daher bieten Shape-Daten nur begrenzte Möglichkeiten. 3D-Shapes können dreidimensionale Geoobjekte speichern. (Kaiser, 2024, S. 54)

Anders als Vektordaten beziehen sich Rasterdaten nicht auf Punkte und Linien, sondern direkt auf Flächen. Als geometrisches Grundelement der zweidimensionalen Rasterdaten dient das Pixel (abgeleitet von engl.: Picture Element, deutsch: Bildelement). Die Anordnung der einzelnen Pixel ist matrizenhaft als gleichförmige, meist quadratische oder rechteckige Elemente in Spalten und Zeilen. Flächen werden somit einheitlich gefüllt. Aufgrund dieser Eigenschaften können in der Datenstruktur keine Objekte wie Punkte, Linien und Flächen logisch unterschieden werden, sie ergeben sich durch Interpretation der Werte und Eigenschaften einzelner Pixel. Diese Werte sind bei Fotografien Farb- oder Grauwerte, es können aber auch beispielsweise Höhen eines Geländemodells in Rasterform ausgedrückt werden. Der Einsatz von Rasterdaten in GIS liegt meist unterhalb großer Maßstäbe im kleinen und mittleren Bereich von etwa 1:1.000.000 bis 1:10.000. Erzeugt werden Rasterdaten durch Scannen und Fotografieren der Erdoberfläche aus Flugzeugen oder Satelliten oder durch das Digitalisieren analoger Unterlagen, wie Bilder und Karten. Im Gegensatz zu Vektordaten ist die Erfassung schnell und unkompliziert, daraus folgt jedoch eine hohe Datenmenge und ein hoher rechnerischer Aufwand durch den Computer. Auch bei der Darstellung ergibt sich der Nachteil, dass bei großen Zoomstufen die einzelnen einfarbigen Pixel wahrgenommen werden und die Daten am Bildschirm unscharf erscheinen. (Bill, 2023, S. 49)

Auch für Rasterdaten gibt es Datenformate mit unterschiedlichen Eigenschaften. Folgende werden im Gesamtprozess verarbeitet:

TIFF steht für Tagged Image File Format, das TIFF-Dateiformat ist vielseitig einsetzbar und daher verbreitet. Mit diesem Format lassen sich Rasterdaten mit verlustfreier Kompression, z.B. LZW oder Huffman speichern. Das GeoTIFF ist eine Spezialform des TIFF, es enthält Informationen zur Georeferenzierung einer Datei. Dadurch erscheint es nach dem Hinzufügen in einem GIS an den entsprechenden Koordinaten, in der richtigen Orientierung, im richtigen Maßstab. Die Dateierendungen sind *.tif* oder *.tiff*. Ein weiteres Rasterdatenformat ist *JPEG*. JPEG bedeutet Joint Photographic Expert Group. Bilddateien können im JPEG-Format mit hohen Kompressionen gespeichert werden, wodurch jedoch ein Datenverlust entsteht. Die Endung von Dateien im JPEG-Format ist *.jpg* oder *.jpeg*. *PNG* ist die Abkürzung für Portable Network

Graphics, im Gegensatz zu JPEG ist bei einem PNG eine höhere Kompression auch ohne Datenverlust möglich. PNG-Dateien enden mit *.png*. (Luhmann, 2023, S. 413)

2.3 Stadtmodelle und zeitliche Modelle

2.3.1 3D-Stadtmodelle

Modelle sind zunächst vereinfachte Abbildungen der Wirklichkeit. 3D-Stadtmodelle entstehen in Deutschland durch die Vermessungsbehörden der Bundesländer. Ausgehend vom Liegenschaftskataster findet sich hierbei jedes Gebäude als dreidimensionales Objekt wieder. Im Liegenschaftskataster erfasste Gebäudegrundrisse werden dabei als Ausgangsdaten verwendet, Dachformen werden standardisiert und generalisiert. Voraussetzung für automatisiert herstellbare flächendeckende 3D-Gebäudemodelle sind Höheninformationen. Diese können aus der Erfassung der Geschosshöhe und Geschoszahl oder aus Laserscan-Befliegungen hervorgehen. 3D-Stadtmodelle spielen in der öffentlichen Verwaltung eine Rolle, vor allem Kommunen haben Interesse an einem detaillierten Modell, das hinsichtlich der Details über die automatisiert erzeugten einfachen 3D-Gebäudemodelle wesentlich hinausgeht. Mit den Anforderungen an ein Modell steigt auch der Arbeitsaufwand. Es existieren Stadtmodelle mit zusätzlichen Details zu den Gebäuden, wie etwa Vegetationsdaten und modellierten Dachaufbauten. Stadtmodelle werden zu Planungszwecken mit Öffentlichkeitsbeteiligung oder zur Präsentation von Sehenswürdigkeiten eingesetzt. (Coors et al., 2016, S. 21–23)

Bei Coors et al. (2016, S. 368–369) werden Anwendungsbereiche von 3D-Stadtmodellen erwähnt, beispielsweise in der Stadt- und Bauleitplanung, bei Solarpotentialanalysen und Wärmebedarfskarten oder im Tourismus und Marketing. Von den insgesamt 29 dargestellten Anwendungsfeldern kommen die Bereiche Geovisualisierung und Archäologie dem geplanten Ortsmodell dieser Arbeit am nächsten, treffendere Begriffe wie Historisches im Allgemeinen werden nicht genannt.

2.3.2 Standard CityGML

Als Standard im Bereich der Stadtmodelle gilt CityGML. Die Special Interest Group 3D (SIG3D) entwickelte diesen Standard ab 2002, bevor die Version 1.0 als Standard durch das Open Geospatial Consortium (OGC) aufgenommen wurde. Im Jahr 2012 erschien die Version 2.0, die seit dem Jahr 2021 von der aktuellen Version 3.0 allmählich abgelöst wird. Die Modellierung mit CityGML ist eine objektorientierte Modellierung in der Notationssprache Unified Modeling Language (UML). Als Schema um Datentransport dient die Geography Markup Language (GML). Objekte können verschiedenen Zustände aufweisen, sind in Layern

strukturiert und verfügen über Attribute. Weiter existieren verschiedene Klassen, die untereinander in Beziehung gesetzt werden. Auch die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) setzt CityGML bei der Definition und Herstellung von 3D-Gebäudemodellen ein. (Coors et al., 2016, S. 16–18; Technische Universität München [TUM], 2025)

Vorüberlegungen zur vorliegenden Arbeit führten dazu, das temporale Ortsmodell im Format CityGML zu modellieren, da CityGML als Standard bei 3D-Stadtmodellen gilt und bereits vordefinierte Objektklassen bietet. Dennoch wurde aus mehreren Gründen gegen CityGML entschieden. CityGML ist mit dem zur Bearbeitung geplanten und verfügbaren GIS ArcGIS Pro nicht ohne Erweiterung modellierbar, für die Erstellung von Daten im Format CityGML sind gesonderte Programme erforderlich, wie etwa die Software *Building Reconstruction* (virtualcitysystems GmbH, 2020). ArcGIS Pro bietet im Gegensatz dazu eine ganzheitliche Umsetzung, die über die Konstruktion von Objekten in 2D und 3D bis zur Online-Präsentation mit ArcGIS online reicht. Für die Aufgabenstellung reicht folglich eine einfache Modellierung in Layerstruktur aus, daraus ergibt sich kein konkreter Nutzen von CityGML, Daten in CityGML sind aufgrund der Komplexität nicht universell einsetzbar. Bei Bedarf können die Ergebnisdaten nach CityGML konvertiert werden.

2.3.3 Detailstufen LoD

Ein Prinzip von CityGML ist die Beschreibung des Detailgrads in Stufen, die Level of Detail (LoD) genannt werden. Es existieren fünf Stufen von 0 bis 4, von denen hauptsächlich die Stufen 0, 1 und 2 verwendet werden. Großflächig verfügbare Informationen aus dem Liegenschaftskataster oder Punktwolken erlauben eine automatisierte Generierung bis zur Stufe LoD2. Darüber hinaus sind komplexere Modellierungen und Informationen notwendig, die meist nicht für größerer Bereiche, sondern für lokale Projekte erfasst werden. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Detailstufen. (Coors et al., 2016, S. 69)

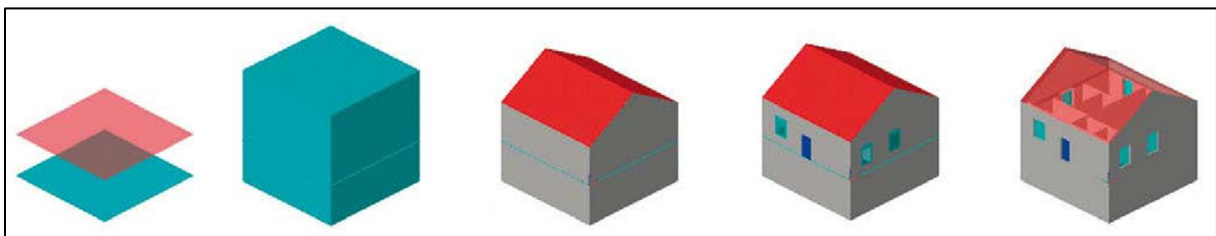


Abbildung 1: Ein Gebäude in den Detailstufen von LoD0 bis LoD4 (Coors et al., 2016, S. 70)

Im Detailgrad LoD0 wird die Ausdehnung von Objekten auf der Erd-, bzw. Geländeoberfläche flächenhaft abgebildet. Im Falle von Gebäuden gibt es einen Unterschied zwischen dem

Grundriss (oder Footprint) und der Fläche, die aus einem Luftbild hervorgeht und zu der auch der Dachüberstand zählt.

LoD1 wird auch als Klötzchenmodell bezeichnet, das aus den Grundrissen erzeugt wird. Ein einfacher Körper steht hier für ein ganzes Gebäude.

Objekte im Detailgrad LoD2 sind in ihrer Form der realen Objekte angenähert. Dabei wird die Dachform – häufig standardisiert – berücksichtigt. Auch andere dreidimensionale Merkmale wie Erker, Vorsprünge und Nebengebäude werden in diesem Detailgrad dargestellt, Texturen für Außenflächen können hinzukommen. Dadurch werden Modelle komplexer und aufwendiger, ein Computer braucht zur Darstellung mehr Ressourcen als bei den vorherigen Stufen. Dieser Detailgrad wird im Wesentlichen auch beim dreidimensionalen Ortsmodell von Edelsfeld angestrebt, jedoch ohne Texturen.

Seltener und kleinräumiger sind aufgrund der aufwendigeren Modellierung die Detailstufen LoD3 und LoD4. Bei LoD3 werden Türen und Fenster von Gebäuden dargestellt, dazu können weitere Details und Elemente wie Antennen, Balkone und Schornsteine kommen. LoD4 enthält darüber hinaus auch modellierte Innenräume von Gebäuden. Mit der Version 3.0 wird der Detailgrad LoD4 aus CityGML entfernt.

Nicht nur Gebäude, sondern auch andere CityGML-Modulbereiche wie Gewässer und Verkehr können in höheren LoD-Stufen detaillierter dargestellt werden, dabei kommen bei ihnen jedoch keine weiteren Bauteile hinzu. (Coors et al., 2016, S. 69–71; TUM, 2025)

2.3.4 Zeitliche Modelle und Dimension

Neben den drei räumlichen Dimensionen kann die Zeit als vierte Dimension behandelt werden, die auch als zeitliche oder temporale Dimension bezeichnet wird. Wie im Eingangskapitel bereits erwähnt wird, stellt die zeitliche oder temporale Dimension im Bereich der Geo-Informationssystemen einen Nischenbereich dar und ist gegenwärtig Gegenstand der Forschung (Brinkhoff, 2022, S. 84). Bill (2023, S. 44) konstatiert der zeitlichen, dynamischen Modellierung und Dokumentation in Zukunft eine steigende Bedeutung. Dafür spricht, dass 4D-Daten mit der Zeit als zusätzliche vierte Dimension beispielsweise auch in der Luftfahrt eingeführt werden sollen, um Modelle zur Berechnung der Trajektorie eines Flugzeugs zu verbessern. Das Ziel ist dabei, das Luftverkehrs-Managements genauer, nachhaltiger und sicherer zu gestalten, womit in der Folge auch der CO₂-Ausstoß gesenkt werden kann (Airbus, 2020).

Die Dimension Zeit kann zunächst als eindimensional und eigenständig aufgefasst werden, beispielsweise bei der Temperaturmessung, bei der das Ergebnis auf einem Zeitstrahl eingetragen wird. Im Bereich der Geo-Informationssysteme und der räumlichen

Datenverarbeitung ist hingegen die Verknüpfung mit räumlichen Koordinaten und Objekten sinnvoll. Eine räumliche 3D-Koordinate, bestehend aus den Komponenten x , y und z wird - analog zur Relativitätstheorie - um die temporale Komponente t für einen bestimmten Zeitpunkt erweitert. Darüber hinaus finden temporale Modelle in verschiedenen Bereichen Anwendung, wie im Fall von ALKIS, dem Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem, wo bei der Veränderung und Fortführung eines Objekts die Datenbank aktualisiert wird. Auch in historischen Informationssystemen und in Anwendungsbereichen mit Daten, die sich schnell verändern, wie in der Meteorologie wird zeitliche Modellierung eingesetzt. (Bill, 2023, S. 43–44)

Abhängig von der Aufgabe können auch andere Anordnungen sinnvoll sein. In der vorliegenden Arbeit wird die Dimension Zeit mit darzustellenden Objekten und nicht mit einzelnen räumlichen Koordinaten zusammengeführt. Für die zweidimensionale Modellierung der Rekonstruktion von Edelsfeld wird die Zeit, bzw. die Lebensdauer in Form von Kalenderdaten als Entstehungsdatum und Untergangsdatum in Form von Attributen zu den Gebäude- und Verkehrsflächen hinzugefügt. Mit einem Zeitstrahl lässt sich im GIS ein Datum einstellen. Abhängig davon wird jedes Objekt, dessen Entstehungsdatum vor und dessen Untergangsdatum nach dem eingestellten Datum liegt, angezeigt. Somit entsteht ein temporales Modell, mit den Dimensionen 2D + Zeit.

Dieses Vorgehen lässt sich auch auf die dreidimensionale Modellierung übertragen, dabei erhalten aber nicht die Grundflächen, sondern die Wand- und Dachflächen der Gebäude Werte in den Attributen Entstehungsdatum und Untergangsdatum. Die Verkehrswege gehen als zweidimensionale Objekte - unverändert gegenüber dem 2D-Modell - in das 3D-Ortsmodell ein.

Dadurch, dass Objekte mit ihrer Lebensdauer im Modell hinterlegt sind, entsteht ein durchgängiges zeitliches Ortsmodell, für das zu jedem eingestellten Zeitpunkt innerhalb der Gesamtdauer ein Ergebnis vorliegt. Das ist nicht so bei zeitschnittbasierten Modellen, bei denen nur einzelne Zeitschnitte, z.B. Jahre modelliert sind, wie bei dem eingangs beschriebenen Beispiel des historischen Stadtmodells der Stadt Karlsruhe, das lediglich über fünf Zeitschnitte verfügt (Günther-Diringer, 2016).

2.4 Koordinatensysteme und Koordinatenoperationen

2.4.1 Soldner-Koordinatensystem

Das Soldner-Koordinatensystem war das erste amtliche Koordinatensystem in Bayern und ist nach Johann von Soldner benannt, der wesentlich zu der Entstehung dieses Systems beigetragen hat. Der damals zuständige französische Oberst Bonne bestimmte als Referenzellipsoid für die bayerische Landstriangulation zunächst ein Ellipsoid, das dem bereits existierenden Laplace-Erdellipsoid ähnlich war. Später stellte Soldner unter Beweis, dass für Bayern das Referenzellipsoid durch eine Kugel ersetzt werden kann. Wie in Abbildung 2 ersichtlich ist, stimmt der Radius R der sogenannten Soldnerkugel mit der Ellipsoidnormalen N des Laplace-Ellipsoides überein. Soldner berechnete für diese Größen eine Länge von 6.388.272 m. Die Soldnerkugel berührt das Laplace-Ellipsoid entlang des parallelen Berührungskreises durch den Nullpunkt M in München. Die Kugel schmiegt sich so eng an das Ellipsoid an, dass der lotrechte Abstand zwischen beiden am entferntesten relevanten Punkt, der Nordgrenze Bayerns in etwa 10 m beträgt. (Ziegler, 1993, S. 15–16)

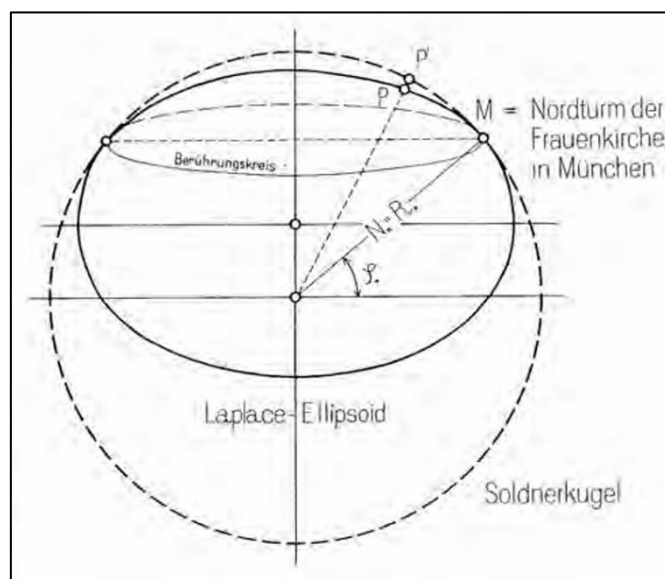


Abbildung 2: Soldnerkugel und Laplace-Ellipsoid (Ziegler, 1993, S. 15)

Der Nullpunkt des sphärischen Soldner-Koordinatensystems liegt, lotrecht verlängert, im Mittelpunkt der Helmstange des Nordturms der Münchener Frauenkirche. Die Abszissenachse ist der Meridian durch jenen Nullpunkt und wird nach Norden positiv. Die positive Ordinatenachse ist nach Westen gerichtet, wie in Abbildung 3 verdeutlicht wird. Die vier daraus entstehenden Quadranten werden nach den Anfangsbuchstaben der Himmelsrichtungen benannt. (Ziegler, 1993, S. 15–16)

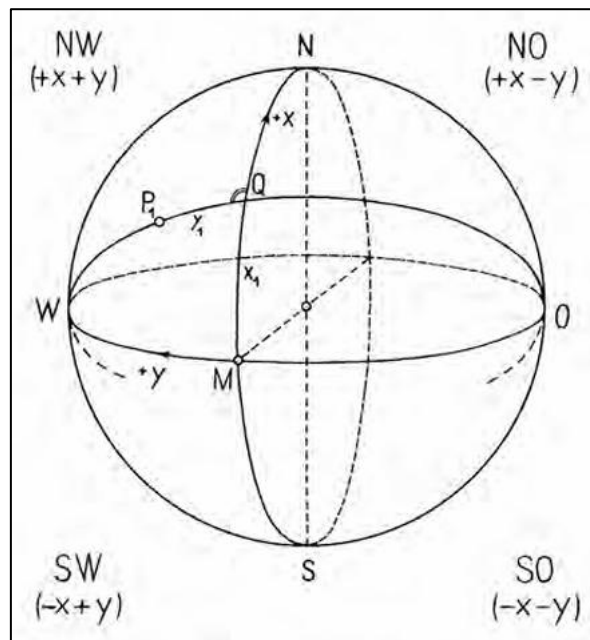


Abbildung 3: Soldner-Koordinatensystem (Ziegler, 1993, S. 16)

2.4.2 Gauß-Krüger-Koordinatensystem

Mit einem Landeskoordinatensystem soll die Verwendung eines einheitlichen Koordinatensystems mit einheitlichen Koordinaten für ein ganzes Land oder Bundesland ermöglicht werden. Carl Friedrich Gauß entwickelte die sogenannte Gaußsche konforme Abbildung, die die Definition eines solchen Systems ermöglicht, dadurch entstehen jedoch Abbildungsverzerrungen, die mathematisch korrigiert werden müssen. Diese Abbildung ist eine ellipsoidische transversale Mercatorprojektion, dabei berührt ein transversaler (horizontal gelagerter) Zylinder im sogenannten Hauptmeridian das Ellipsoid der Erde, dies zeigt Abbildung 4. Der Hauptmeridian wird bei der Abwicklung des Zylindermantels in originaler Größe längentreu abgebildet. Das Abbild des Äquators und der Hauptmeridian bilden zusammen die Achsen des Koordinatensystems. Lotrecht auf dem Hauptmeridian stehen die ellipsoidischen Ordinaten y , die alle am Querpol Q zusammenlaufen, wie ebenfalls in Abbildung 4 verdeutlicht wird.

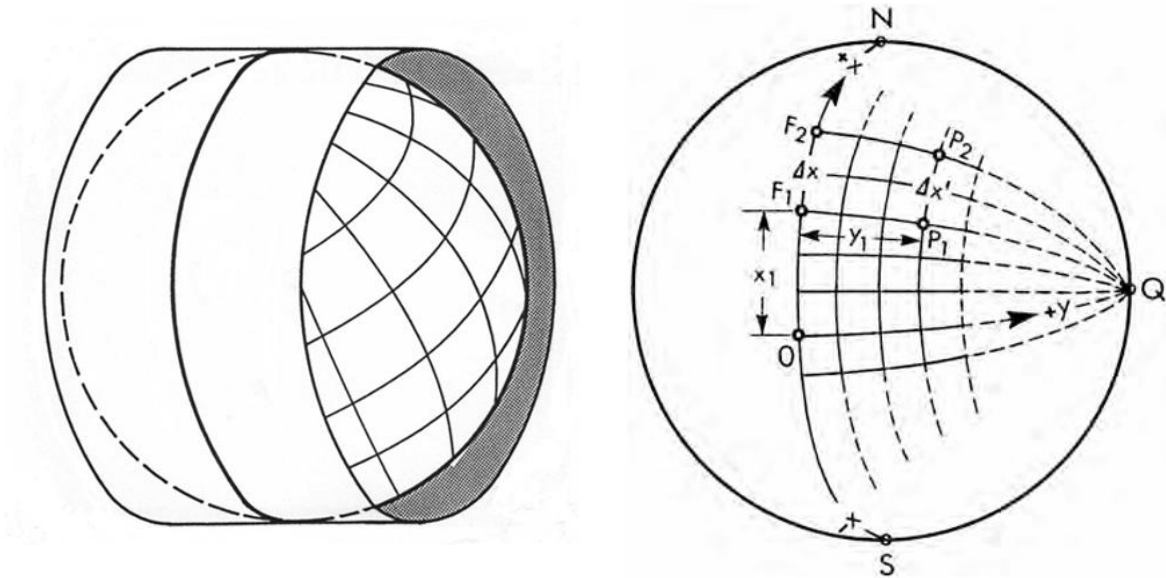


Abbildung 4: Links: Abbildung des Hauptmeridians bei transversaler Mercatorprojektion, Rechts: Ellipsoidische Orthogonalkoordinaten (Witte et al., 2020, S. 21)

Krüger entwickelte das System nach Gauß weiter, dieser Umstand gibt dem Gauß-Krüger-System (GK-System) seinen Namen. Zur Eingrenzung von Flächen- und Längenverzerrungen wird Deutschland in Meridianstreifen mit einer Breite von 3° in einzelne Zonen mit eigenem Hauptmeridian aufgeteilt. Vom Äquator aus wird die Abszisse x , bzw. der Hochwert H nach Norden positiv. Die Ordinaten y (Rechtswerte) werden vom Hauptmeridian nach Osten positiv. Damit westlich des Hauptmeridians keine negativen Ordinatenwerte entstehen, wird stets der Wert von 500.000 m addiert. Die Meridianstreifen erhalten natürliche Zahlen, beginnend mit 1 als Kennziffer. Das Bezugsellipsoid des GK-Systems ist das Bessel-Ellipsoid. (Witte et al., 2020, S. 19–22)

Das Gauß-Krüger-Koordinatensystem war das amtliche Bezugssystem der Bayerischen Vermessungsverwaltung bis 2018 (DVW Bayern e.V., 2020, S. 105).

2.4.3 UTM-Koordinatensystem

Das Universale-Transversale-Mercator-System (UTM-System) ähnelt hinsichtlich des Aufbaus dem Gauß-Krüger-System. Unterschiedlich ist die Breite der Meridianstreifen der sogenannten Zonen von 6° und die Tatsache, dass anstatt des Mittelmeridians zwei parallele Schnittkurven östlich und westlich des Mittelmeridians verzerrungsfrei abgebildet werden, wie in Abbildung 5 dargestellt wird. Eine gestauchte Abbildung findet zwischen den Schnittkurven statt, außerhalb erfolgt eine Dehnung. Der Betrag des Faktors der Längenverzerrung übersteigt 1,0004 nicht. (Witte et al., 2020, S. 24)

Mit dem Jahreswechsel von 2018 auf 2019 wurde das Abbildungs- und Bezugssystem der Lage UTM 32 als Abbild des amtlichen dreidimensionalen Bezugssystems ETRS89 in der Bayerischen Vermessungsverwaltung eingeführt und das Gauß-Krüger-System im Streifen 4 abgelöst. (DVW Bayern e.V., 2020, S. 105)

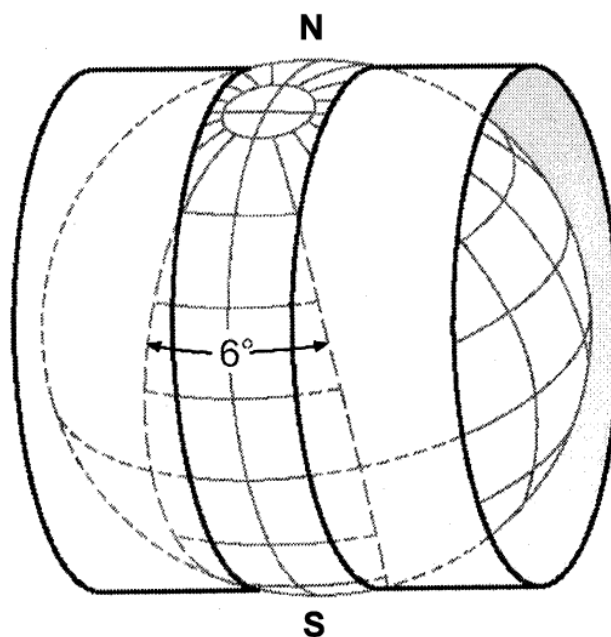


Abbildung 5: UTM-Meridianstreifen (Witte et al., 2020, S. 24)

2.4.4 Höhenbezugssystem DHHN2016

Das Deutsche Haupthöhennetz 2016 (DHHN2016) ist seit 2017 das amtliche Höhenbezugssystem für Deutschland (Ilk, 2021, S. 310). Die Höhen werden als Höhen über Normalhöhen-Null, kurz NHN-Höhen bezeichnet und beziehen sich auf das Quasigeoid GCG2016. Der Zusammenhang zwischen NHN-Höhen, der Erdoberfläche und dem Quasigeoid geht aus Abbildung 6 hervor. NHN-Höhen sind z.B. im Digitalen Geländemodell angegeben.

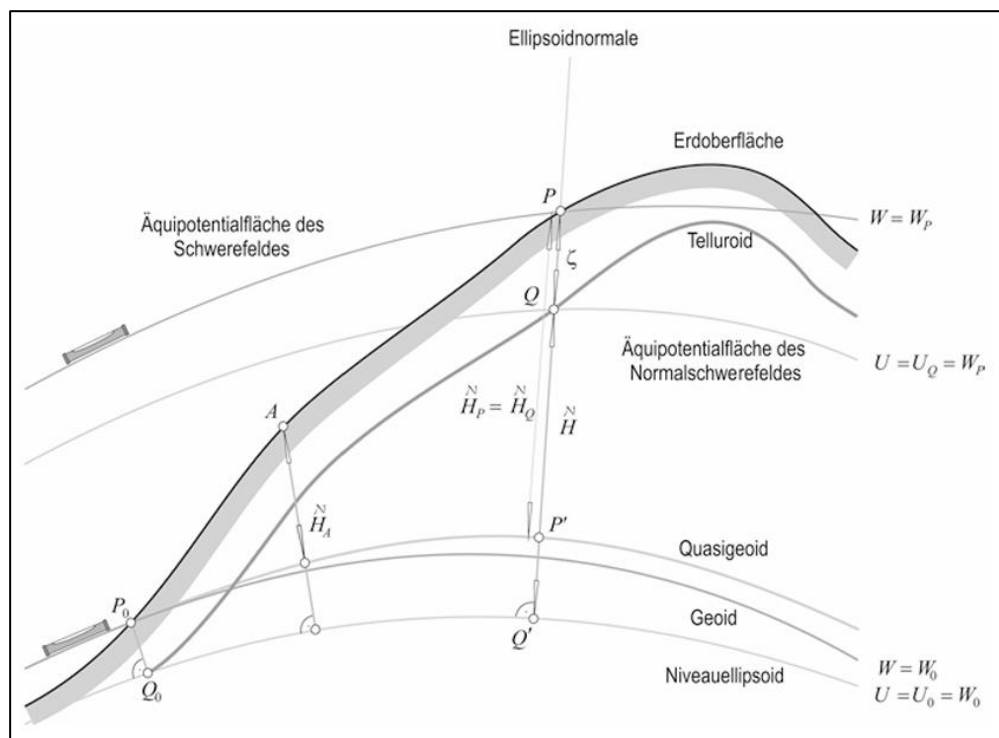


Abbildung 6: Definition der Normalhöhen (Ilk, 2021, S. 254)

2.4.5 Temporale Bezugssysteme

Die Unix-Zeit wurde für das Betriebssystem UNIX entwickelt, der Nullpunkt dieses Systems ist der 01.01.1970 um 00:00, die Einheit ist die Sekunde. Gezählt und angegeben werden vergangene Sekunden (Bill, 2023, S. 217). Die zeitlichen Attribute der Objekte der Digitalen Flurkarte werden laut Auskunft durch den Fachbereich Informations- und Kommunikationstechnik der Bayerischen Vermessungsverwaltung in der UNIX-Zeit angegeben.

Für die Attribute in den Ortsmodellen werden lediglich Kalenderdaten nach dem Kalendersystem des gregorianischen Kalenders ohne Angaben von Uhrzeiten verwendet.

2.4.6 Koordinatenoperationen

Für die Umrechnung von Koordinaten in einem Koordinatenreferenzsystem zu einem anderen sind Koordinatenoperationen notwendig. In der Norm ISO 19111 wird zwischen Koordinatenumwandlungen und Koordinatentransformationen unterschieden. Umrechnungen zwischen zwei verschiedenen Koordinatensystemen ohne gemeinsamen Bezug bedürfen der

Koordinatentransformation, wie etwa zwischen Gauß-Krüger und UTM oder zwischen einem lokalen, bzw. unbekanntem System und UTM bei der Georeferenzierung von Daten ohne Raumbezug. Die Parameter zur Umrechnung werden rechnerisch über identische Punkte, sogenannte Passpunkte, in beiden Systemen ermittelt. Gesetzmäßigkeiten zur allgemeinen mathematischen Umwandlung wie Verschiebungen (Translationen), Drehungen (Rotationen) und Änderungen des Maßstabs finden dabei Anwendung. Aus deren Zusammensetzung ergeben sich verschiedene Arten ebener (zweidimensionaler) und räumlicher (dreidimensionaler) Transformationen. (Bill, 2023, S. 211–215)

Mathematische Formeln werden nicht näher betrachtet und aufgeführt, da Koordinatenoperationen im Rahmen der vorliegenden Arbeit mittels Werkzeuge in GIS bewerkstelligt werden. Stattdessen wird auf einschlägige Fachliteratur verwiesen.

2.5 Amtliche Vermessung und Gebäudeeinmessung in Bayern

In Bayern bietet die bayerische Vermessungsverwaltung die wichtigste Datenquelle für flächendeckende räumliche und zeitliche Informationen zu Gebäuden und Wegen. Urheber der aktuellen Daten sind die ÄDBV und das LDBV, die Aufgabe zur Führung des Liegenschaftskatasters liegt in Bayern heute in der Hand der Ämter für Digitalisierung, Breitband und Vermessung. Die Landesvermessung obliegt dem Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung. Der Ursprung der Bayerischen Vermessungsverwaltung liegt bereits im 19. Jahrhundert, die Geschichte der amtlichen Vermessung in Bayern beginnt mit der Gründung des Topographischen Bureaus im Jahr 1801 zur Herstellung von topographischen Karten. Dafür war ein flächendeckendes Lagefestpunktnetz notwendig, daraufhin erfolgte die Vermessung des gesamten Staatsgebiets, die sogenannte Urtriangulation. Die Festlegung einer einheitlichen Besteuerung des Grundes machte eine flächendeckende Grundstücksvermessung, die sogenannte Uraufnahme erforderlich, die ab 1808 begann. (Seeberger & Holl, 2001, S. 16–35)

Der weitere Verlauf der Geschichte der amtlichen Vermessung geht aus den folgenden Unterkapiteln hervor.

2.5.1 Flurkarte und Blatteinteilung

Ausgehend vom Soldner-Koordinatensystem, das in Kapitel 2.4.1 beschrieben wird und dessen Achsen und Quadranten, erhalten die einzelnen bayerischen Flurkarten im Maßstab 1:5.000 ihre Bezeichnung und Einteilung. Der erste Teil der Benennung ist die Abkürzung des jeweiligen Quadranten, NO für Nord-Ost, NW für Nord-West, SO für Süd-Ost und SW für Süd-West. Die erste Zahl steht für die sogenannten Schichten, von denen eine einem Abschnitt nach Norden und Süden von jeweils 8.000 Fuß (2334,8733 m) entspricht. Sie werden aufsteigend vom Nullpunkt nach Norden und nach Süden nummeriert. Die Blattausdehnung in Richtung der Ordinatenachse ist dieselbe, wie die der Schichten. Eine solche Spalte wird Nummer oder Reihe genannt und vom Nullpunkt aus nach Osten und Westen ebenfalls aufsteigend nummeriert. Die Zahl der Reihe geht als zweite in den Namen ein. Das Untersuchungsgebiet Edelsfeld liegt im Kartenblatt NO 69-04, es befindet sich also im Quadranten Nord-Ost in der 69. Schichte in der 4. Reihe. Die einzelnen Blätter sind annähernd quadratisch. Der Karteninhalt deckt in der Realität eine Fläche von 8.000 mal 8.000 bayerischen Fuß oder Schuh (= 2334,8733 mal 2334,8733 m) ab, das entspricht einer Fläche von 1.600 Tagwerk oder 545,1633 ha. Abbildung 7 visualisiert die Benennung. (Landesamt für Vermessung und Geoinformation [LVG], 2007, S. 23–24; Ziegler, 1993, S. 42–43)

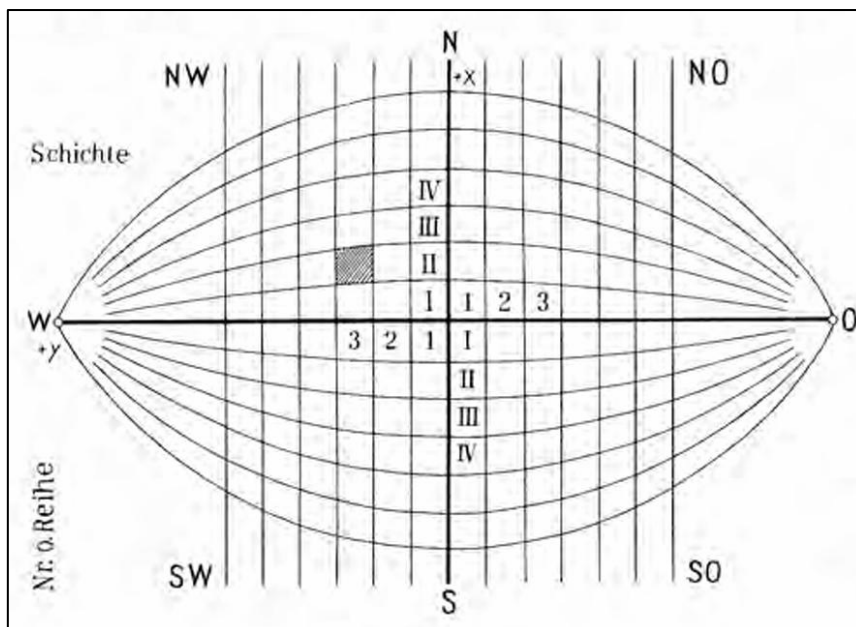


Abbildung 7: Benennung der bayerischen Flurkartenblätter (Ziegler, 1993, S. 42)

Die Flurkarte dient als amtliche Karte des Liegenschaftskatasters, ihr Inhalt sind Grenzen von Flurstücken, Gemeinden und Gemarkungen (Nummerierungsbezirk im Liegenschaftskataster, vormals Steuergemeinde), Vermessungs- und Grenzpunkte, Gebäude, Nutzungsgrenzen- und -arten, sowie topographische Elemente und Angaben zu Flurnamen. Der Lithographiestein

fungierte am Anfang als Zeichenträger, er wurde später durch Zeichenkarton mit Aluminiumeinlage ersetzt, zuletzt fanden mit der Lichtpaustechneik transparente Folien Einzug, bis auch diese mit der digitalen Kartenerfassung abgelöst wurden. (LVG, 2007, S. 24)

2.5.2 *Digitale Flurkarte*

Die Digitale Flurkarte (DFK) ist der Vorgänger der digitalen Kartenkomponente des heutigen ALKIS und wurde Anfang der 1990er Jahre schrittweise aufgebaut. Enthalten sind in der DFK mehrere Gruppen, bestehend aus einzelnen Layern, das Koordinatenbezugssystem aller Layer ist über den gesamten Zeitraum das Gauß-Krüger-Koordinatensystem. Die Gruppen sind Katasterpunkte (Grenzpunkte, Katasterfestpunkte, Höhenfestpunkt, etc.), Flurstücke (Flurstücksnummern, Flurstücksgrenzen etc.), Gebäude (Hausnummern, Gebäudeliniien, Gebäudeflächen, Gebäudedetails), Gebiete (Gebietsbezeichnungen von Verwaltungseinheiten), Nutzung und Topografie sowie Sonstiges (Beschriftungen und Symbole). Für die Gebiete, für die nur ein graphischer Grenznachweis existierte, (vereinfacht: nur analoge Karten ohne Koordinaten) erfolgte die Herstellung durch Digitalisierung jener Flurkarten. Bereiche, in denen Punktkoordinaten im Landessystem, oder Maßzahlen von Vermessungen dokumentiert waren, gestatteten die Herstellung der Digitalen Flurkarte durch Koordinierung am Grafikbildschirm. Im Jahr 2003 lag die DFK zum ersten Mal flächendeckend vor, in der Folge wurden Verwaltungsvorschriften überarbeitet und angepasst. Die DFK wurde im ursprünglichen Sinn bis zur Migration nach ALKIS verwendet und stand danach noch bis zur Einstellung zum 31.12.2017 parallel zu ALKIS zur Verfügung. Nach dem Ende der ursprünglichen Verwendung der DFK sind deren Daten im Behördennetz über ein internes Plugin im GIS QGIS erreichbar. (BVV, 2017; Degelmann & Kollmuß, 2004; LVG, 2007, S. 30–31)

2.5.3 *ALKIS®*

Das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS®) ist Teil des AAA-Modells, das von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) festgelegt wird. AAA-Modell steht für das Amtliche Festpunktinformationssystem (AFIS), ALKIS und das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS). Die Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens in Deutschland (GeoInfoDok) beschreibt Modellierungsgrundsätze zum AAA-Modell und zu Datenformaten und Austauschformaten der amtlichen Geodaten in Deutschland. Der ALKIS Objektartenkatalog wird daraus abgeleitet. Im ALKIS-Objektartenkatalog (ALKIS-OK) werden Objektarten, die im Liegenschaftskataster geführt werden, mit ihren Eigenschaften beschrieben. Für Bayern

existiert ein eigener Objektartenkatalog. ALKIS ist ein Bestandteil des amtlichen Liegenschaftskatasters und beschreibt eine bundesweit einheitliche Lösung zur Führung des amtlichen Liegenschaftskatasters. Die Liegenschaftskarte und die Sachdaten des Liegenschaftskatasters werden objektbasiert erfasst, verarbeitet und gespeichert. ALKIS bezeichnet sowohl den Standard als auch die Software, mit der das Amtliche Liegenschaftskataster geführt wird. Dazu gehören Flurstücke als Buchungseinheit des Liegenschaftskatasters mit zugehörigen Grenzen, Gebäude, Angaben zum Eigentümer und weitere Bereiche. Hinsichtlich der Liegenschaftskarte ist ALKIS der Nachfolger der Digitalen Flurkarte. (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland [AdV], 2019; Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung [LDBV], 2025b, 2025j; LVG & Bayerisches Staatsministerium der Finanzen [BayStMF], 2013)

2.5.4 Messmethoden

Polaraufnahme

Zur Uraufnahme in Bayern wurde die Methode der Polaraufnahme mit dem Messtisch eingesetzt. Grundlegend war dafür das trigonometrische Netz der Urtriangulation und das graphisch bestimmte Flurnetz. Aus Abbildung 8 geht hervor, wann die Uraufnahme, auch Erstvermessung genannt, in einer Region in Bayern durchgeführt wurde. (Ziegler, 1993, S. 50)



Abbildung 8: Fortschritt der Uraufnahme in Bayern (Ziegler, 1993, Anlage 15)

Ab dem Jahr 1830 erfolgte die Aufnahme der Flurnetzpunkte direkt in den Flurkartenblättern im Maßstab 1:5.000, in welchen anfangs lediglich 12 bis 13, ab 1830 im Mittel 12 bis 20 Flurnetzpunkte pro Kartenblatt Eingang finden sollten. Einzelne Aufnahmepunkte wurden durch die Methode *Vorwärtseinschneiden* graphisch bestimmt. Zu Beginn des Ablaufs der Einzelaufnahme musste der Standort des Messtisches (Nr. 1 in Abbildung 9), meist über drei signalisierte Festpunkte (wie z.B. Nr. 2 und 3 in Abbildung 9), ermittelt werden. Durch ein mit einem Lineal verbundenen Fernrohr wurden die aufzunehmenden Punkte, wie etwa Grenzpunkte oder Ecken von Gebäuden, angezielt. Mit dem Lineal wurde die Linie der Visur in das Kartenblatt eingezeichnet. Die Entfernungen zum beobachteten Punkt wurden zunächst mit einer Messkette und ab 1813 mit dem Fernrohr über die sogenannten Reichenbach'schen Distanzfäden bestimmt. Die ermittelte Entfernung musste anschließend reduziert und maßstäblich umgerechnet, dann auf der Visurlinie eingetragen werden. Bei der Aufnahme wurden nahezu ausschließlich die Grundrisse von Objekten berücksichtigt, aufgenommen wurden Flurstücksgrenzen, Gebäude und Bauwerke, Nutzungsgrenzen sowie Wege und Gewässer. Zur Einschränkung von Fehlern existierte keine Fehlergrenze in Form von Zahlen, es galten jedoch einige Grundsätze, unter anderem durften Schnittwinkel beim Vorwärtseinschneiden 30° nicht unterschreiten. Entfernungen über 1.000 Fuß (ca. 292 m)

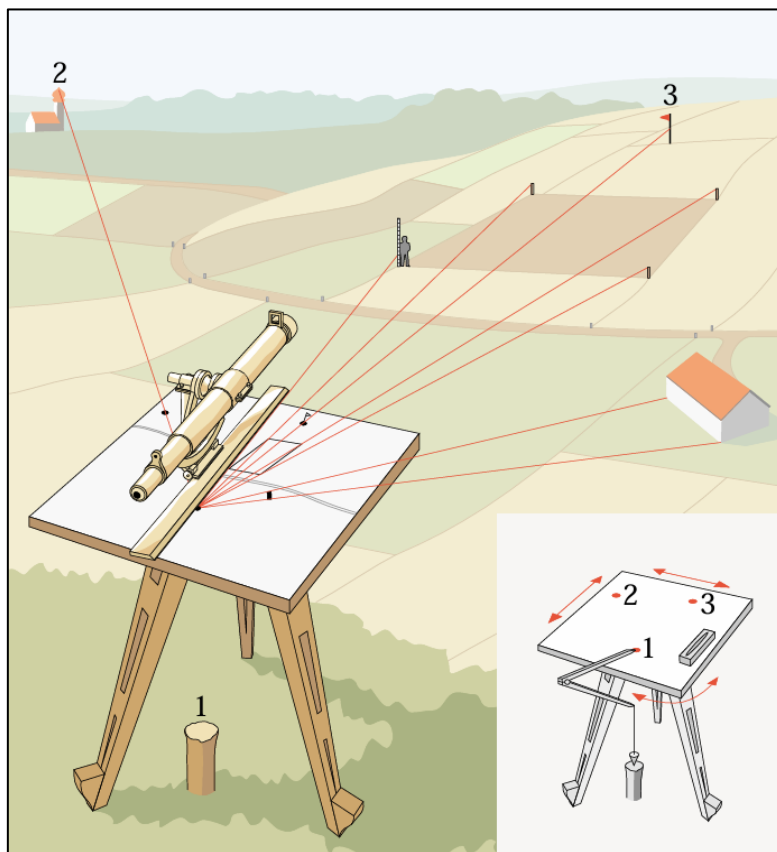


Abbildung 9: Prinzip der Messtischaufnahme (Seeberger & Holl, 2001, S. 36)

sollten nicht mit dem optischen Distanzmesser bestimmt werden. Gezeichnet wurde im Feld zuerst mit Bleistift und erst später, beispielsweise im Winter mit Tusche (LDBV, 2025h). Ab 1809 erfolgte die Ausarbeitung mit Farbe. Nach Bosch (1964, S. 75) ergibt sich für die bayerischen Flurkarten, die bis 1826 hergestellt wurden, ein mittlerer Punktfehler von $\pm 0,8$ m – $\pm 3,0$ m und für die von 1826 – 1864 hergestellten ein mittlerer Punktfehler von $\pm 0,5$ m – $\pm 1,8$ m. (Ziegler, 1993, S. 50–53)

Orthogonalaufnahme

Ab den 1870er Jahren ersetzt die Orthogonalaufnahme mit dem Einbinde- und Orthogonalverfahren die Messtischaufnahme zur Bestimmung der Neupunkte in der Katastervermessung. Die Orthogonalaufnahme wird auch als Zahlenmethode bezeichnet, da die Flurkarte nicht mehr nur grafisch, sondern auf Basis von Zahlen hergestellt wurde. Dadurch wurde auch die Genauigkeit der Flurkarte verbessert. Zur Anwendung der Methoden ist ein Feld an Katasterfestpunkten notwendig, die mittels Polygonzügen bestimmt werden. Nach dem *Einbindeverfahren* werden neue Messungslinien über aufzumessende Punkte (z.B. Grenz- oder Gebäudeecken) gelegt, die mit übergeordneten, vorher bekannten oder bestimmten Messungslinien verknüpft, bzw. in diese eingebunden werden. Zur Koordinierung der Neupunkte müssen die Koordinaten der beiden Endpunkte einer Linie in einem übergeordneten Koordinatensystem bekannt sein. Das *Orthogonalverfahren* ähnelt im Prinzip dem Einbindeverfahren. Dabei werden die zu bestimmenden Neupunkte nicht in die Messungslinie



Abbildung 10: Prinzip der Orthogonalaufnahme, hier Polygonieren und Orthogonalverfahren (Seeberger & Holl, 2001, S. 61)

direkt eingebunden, stattdessen werden rechtwinklige Abstände mithilfe von Maßband und Winkelprisma zur Linie bestimmt, wie Abbildung 10 zeigt. Ein Messgehilfe fluchtet den Beobachter in die Linie ein, der Aufnahmepunkt und die Linienpunkte müssen für den Beobachter in einer Linie im Prisma erscheinen. Die gemessenen Strecken werden zur Dokumentation in den Fortführungsrisen eingetragen, darauf wird in Kapitel 3.1.4 eingegangen. (Seeberger & Holl, 2001, S. 61; Witte et al., 2020, S. 48–49)

Polaraufnahmeverfahren

Mit der Zeit wurden Theodolite mit elektronischen Entfernungsmessern entwickelt, dadurch ersetzte ab 1970 das Polaraufnahmeverfahren die Orthogonalaufnahme. Dabei werden, ausgehend von einem Standpunkt des Festpunktnetzes, Richtungen (Winkel) und Entfernungen (Distanzen) zu umliegenden bekannten und koordinierten Punkten mit dem Theodolit, bzw. Tachymeter (= Theodolit mit Einheit zur elektrischen Distanzmessung) gemessen. Daraus wird die Koordinate des Standpunktes errechnet. Dieser Vorgang heißt *freie Stationierung*. Abbildung 11 zeigt das Polarverfahren, mit diesem werden, vom bekannten Standpunkt aus, weitere Richtungen und Entfernungen zu den zu bestimmenden Neupunkten gemessen. Durch das sogenannte *Polare Anhängen* werden aus den gemessenen Werten zu einem Neupunkt die rechtwinkligen Koordinaten errechnet. Meist findet dieser Prozess in einem lokalen Koordinatensystem statt, lokale Koordinaten werden im Anschluss mit einer Transformation in das übergeordnete Koordinatensystem überführt. Dieses Verfahren findet immer noch Anwendung in der amtlichen Vermessung. (Seeberger & Holl, 2001, S. 61–63; Witte et al., 2020, S. 52–53)

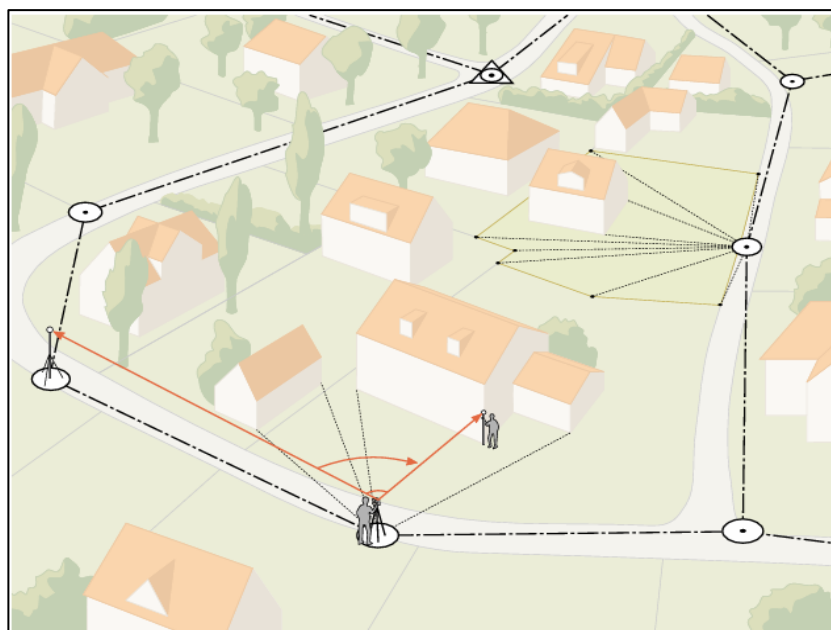


Abbildung 11: Prinzip der Polaraufnahme (Seeberger & Holl, 2001, S. 61)

2.6 Amtliche Luftbildbefliegung in Bayern

Mit der Luftbildbefliegung entstehen Luftbilder, die einen ganzheitlichen Blick von oben auf die Erdoberfläche ermöglichen. Die Bayerische Vermessungsverwaltung hat über 1,4 Millionen historische Luftbilder im Bestand und stellt flächendeckend für Bayern aktuelle Digitale Orthophotos bereit. Luftbilder sind photographische Aufnahmen aus Flugzeugen und beinhalten Informationen zur Dokumentation des Landschaftszustands zum Zeitpunkt der Aufnahme und werden zu Orthophotos weiterverarbeitet. Zusammen werden sie als Planungsgrundlage in verschiedenen Anwendungsbereichen verwendet und dienen der Dokumentation der Umwelt. Darüber hinaus können aus Luftbildern mittels stereoskopischer Auswertung Geländehöhen und -formen ermittelt werden. (LDBV, 2025k; Reiß, 2001).

Aufbewahrt werden die Luftbilder im Bayerischen Landesluftbildarchiv (BayLLA), das 1975 beim Bayerischen Landesvermessungsamt, dem Vorgänger des heutigen LDBV, eingerichtet wurde. Seit 2018 ist das BayLLA am Bayerischen Landesluftbildzentrum in Neustadt a.d.Aisch und in München untergebracht (LDBV, 2025d). In Neustadt a.d.Aisch werden die Originale der Luftbilder fachgerecht klimatisiert gelagert, in München sind die digitalen Luftbilder gespeichert. Verfügte das Landesluftbildarchiv im Jahr 1975 über 100.000 Luftbilder aus 847 Flügen so sind es 2025 etwa 1,4 Millionen historische Luftbilder, von denen etwa 800.000 digitalisiert verfügbar sind. Zum Bestand zählen neben den amtlichen Luftbildern und Orthophotos weitere Luftbilder, wie beispielsweise von Privatfirmen.

Die ältesten, großflächig verfügbaren Luftbilder im Bestand der BVV entstammen Aufklärungsflügen der Alliierten in einem Zeitraum von 1941 bis 1945, diese Aufnahmen werden heute für Altlastenuntersuchungen, z.B. bei der Detektion von Blindgängern eingesetzt. Auch für die Zeitspanne zwischen 1945 und 1970 existieren amtliche Luftbilder. Aber erst ab etwa 1970 wurde die Topographische Befliegung zur Fortführung der topographischen Karten durchgeführt. Die Planung der Befliegung der einzelnen Regionen geschah, in Abstimmung mit dem Fortführungsprogramm der Nachbarländer, zur Fortführung der Topographischen Karten in den Maßstab 1:25.000 (TK25) und 1:50.000 (TK50). Dabei entstanden Luftbilder im Maßstab 1:23.000, eine Region wurde alle 5 Jahre befliegen. Die Topographische Befliegung wurde nach der Bildflugsaison 1998 eingestellt und mit der Bayernbefliegung zusammengeführt. Im Jahr 1983 veranlasst das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen eine bayernweite Befliegung mit dem Bildmaßstab 1:15.000. Ab 1987 organisiert das Bayerische Landesvermessungsamt, das mittlerweile in Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung umbenannt wurde, die Bayernbefliegung für die gesamte Landesfläche. Zwischen 1987 und 1989 deckte die

Befliegung jährlich ein Drittel Bayerns ab. Ab 1990 wurde pro Jahr wieder ein Fünftel der Landesfläche befliegen. Ausdehnung und Lage von Luftbildern waren nach den Blattschnitten der Flurkartenblätter ausgerichtet, vgl. dazu Kapitel 2.5.1. Erst ab 2002 erstreckt sich ein Luftbild nicht mehr auf ein Flurkartenblatt, sondern auf ein Quadrat mit der Seitenlänge 2 km. Die Befliegung erfolgte ab 2003 im Drei-Jahres-Turnus. Im Jahr 2006 wurde die Bodenpixelgröße von 40 cm auf 20 cm verbessert, seit 2009 wird digitale Aufnahmetechnik eingesetzt, die neben dem RGB-Farbraum auch die Aufnahme von nahem Infrarot ermöglicht. Ab dem Jahr 2017 wird im Abstand von zwei Jahren jährlich in etwa eine Hälfte Bayerns befliegen, alternierend Nordbayern (Regierungsbezirke Oberpfalz, Ober-, Mittel- und Unterfranken) und Südbayern (Schwaben, Ober- und Niederbayern), zu dieser Zeit wurde auf UTM32 als Koordinatensystem umgestellt. (LDBV, 2025c, 2025d, 2025e, 2025k, 2025l; Reiß, 2001)

Bei der amtlichen Luftbildbefliegung überfliegen spezielle Kleinflugzeuge die Erdoberfläche. Bis 2009 erzeugten Reihemesskameras analoge, seitdem digitale Großbild-Kameras digitale Luftbilder als Abbild eines bestimmten Teils der Erdoberfläche. Durch technische Neuerungen bei der Bildflugtechnik, wie die satellitengestützte Flugnavigation mit GNSS (Positionsbestimmung über Satelliten), und durch Verbesserung der Bildweiterverarbeitung wurde über die Jahre die Genauigkeit der Luftbilder und der Digitalen Orthophotos gesteigert. Ein Digitales Orthophoto (DOP) ist ein maßstabsfreies und entzerrtes Luftbild. Die Produktbezeichnung richtet sich nach der Bodenpixelgröße, beim DOP mit der besten angebotenen Auflösung, dem Digitalen Orthophoto 20 cm (DOP20), beträgt die Größe eines Pixels im Bild in der Realität circa 20 cm mal 20 cm. Das DOP20 wird im Rahmen des Open-Data-Angebots der Bayerischen Vermessungsverwaltung kostenfrei digital im RGB-Farbraum und als Colorinfrarotbild (CIR-DOP) zur Verfügung gestellt. (BVV, 2025c; LDBV, 2025e, 2025k; Reiß, 2001)

Im Zuge der Bayernbefliegung 2018 wurde das Produktionsverfahren für die bayerischen Digitalen Orthophotos am LDBV geändert. Grundlage für die Entzerrung ist seither nicht mehr das Digitale Geländemodell, welches nur die Form des Geländes, der Erdoberfläche, ohne darauf befindliche Objekte beinhaltet, sondern das Digitale Oberflächenmodell, in dem sowohl die Erdoberfläche als auch Gebäude, Vegetation, etc. enthalten sind. Daraus ergibt sich ein True Orthophoto (TrueDOP), welches Vorteile gegenüber dem klassischen DOP bietet, wie der lagerichtigen Abbildung von Objekten, auf der Erdoberfläche, einem gesteigerten Informationsgehalt durch die Verringerung von Bereichen, die vorher durch die schiefe Darstellung von Objekten verdeckt wurden und ein echtes zweidimensionales Luftbild, in dem keine Fassaden zu sehen sind. Nachteile der Umstellung sind hauptsächlich Farbfehler, z.B. bei Objekten mit abrupten größeren Höhenunterschieden, die beispielsweise an Gebäudetraufen auftreten. Diese Unterschiede sind in Abbildung 12 erkennbar. (LDBV, 2018)



Abbildung 12: Die Kirche St. Stephanus in Edelsfeld im DOP20 von 2017 (links) und im TrueDOP20 von 2021 (rechts) (Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Daten bearbeitet)

2.7 Photogrammetrische Verfahren

Nach Luhmann (2023, S. 24) ist unter dem Begriff Photogrammetrie allgemein eine Gesamtheit an Methoden zu verstehen, mit welchen mittels Bildmessungen indirekt die Form und die Lage und mit Bildinterpretation inhaltliche Beschreibungen eines Objektes erhalten werden können. Dabei liegt ein Bild oder mehrere Bilder zugrunde. Angewandt werden können diese photogrammetrischen Verfahren überall da, wo die fotografische Abbildung und daraus folgend die Auswertung eines Messobjekts möglich ist. Verwandt mit der Photogrammetrie ist die Fernerkundung. Fernerkundung bedeutet nach Wiggenhagen & Steensen (2021, S. 183) die Erkennung von Objekten ohne direkten Kontakt durch Untersuchung von elektromagnetischen Wellen, die von einem Objekt ausgehen.

In der vorliegenden Arbeit kommen in zwei Fällen Methoden der Photogrammetrie und Fernerkundung zur Anwendung. Einerseits bei der Auswertung von Luftbildern und Digitalen Orthophotos der Bayerischen Vermessungsverwaltung, andererseits als primitive Methode bei der Gewinnung von Informationen zur Dachform und zur Gebäudehöhe aus Fotografien.

2.7.1 Auswertung von Luftbildern

Der Ablauf der Luftbildbefliegung wurde bereits in Kapitel 2.6 beschrieben. Die Weiterverarbeitung vom Luftbild zum Orthophoto soll im folgenden Abschnitt erläutert werden.

Um ein Luftbild zu einem Orthophoto zu entzerren, muss jeder einzelne Punkt mit seinen Koordinaten eigens abgebildet werden. Als Ziel entsteht ein neues Bild, auf das die Oberfläche parallel projiziert wird. Dieses Verfahren heißt differentielle Entzerrung, dafür sind mehrere Verfahrensschritte notwendig. Zunächst muss die innere und äußere Orientierung eines bzw. aller Bilder bestimmt werden. Mit den Parametern der äußeren Orientierung lassen sich nach Luhmann (2023, S. 273) die Lage und Ausrichtung eines Bildes, bzw. dessen Bildkoordinatensystem im diesem übergeordneten Objektkoordinatensystem definieren. Mit der inneren Orientierung, bzw. mit deren Parametern wird das geometrische Abbildungsmodell im inneren einer Kamera durch mathematische und instrumentelle Ansätze vollständig beschrieben (Luhmann, 2023, S. 179–180). Damit die Bestimmung jener Parameter möglich wird, müssen die Kalibrier- und Orientierungsdaten berechnet werden. Anschließend werden Objektbereich und -auflösung definiert. Danach erfolgt die Interpolation der Z-Werte (Höhenwerte bei Luftbildern) aus dem zugehörigen Digitalen Oberflächenmodell (DOM). Anschließend werden mit sogenannten Kollinearitätsgleichungen und den eingehenden Parametern der inneren und äußeren Orientierung zu jedem Punkt die entsprechenden Bildkoordinaten errechnet. Abschließend werden für jeden Punkt Farbwerte interpoliert und in das Ergebnisbild gespeichert. (Luhmann, 2023, S. 304)

Durch eine ungünstige Konstellation der aufgenommenen Luftbilder können Fehler entstehen. Ein True (Digital) Orthophoto ist vollständig entzerrt und frei von geometrischen Fehlern. Eine lageversetzte und verzerrte Darstellung im Ergebnisbild erfahren Objektbereiche, die nicht im DOM abgebildet sind. In einem Luftbild verdeckte Bereiche können im Orthophoto nur durch weitere Luftbilder aus anderen Perspektiven sichtbar gemacht werden. Das erfordert eine Mehrbildauswertung. Ein entzerrtes Luftbild gilt erst als geometrisch richtiges Orthophoto, wenn eine hinreichend genaue Repräsentation aller Objektbereiche im Oberflächenmodell stattfindet. Digitale Oberflächenmodelle können durch Punktwolken errechnet werden,

Punktwolken können aus Laserscanning oder Stereo- und Mehrbildauswertung entstehen. (Luhmann, 2023, S. 305–306)

Bei der vorliegenden Bachelorarbeit soll mithilfe der Software Agisoft Metashape Professional aus den Luftbildern von Edelsfeld des Aufnahmejahres 1952 ein TrueDOP erzeugt werden. Für die gleichzeitige Auswertung mehrerer Luftbilder ist die Bündeltriangulation, auch als Bündelblockausgleichung oder Aerotriangulation bezeichnet, das zu verwendende Verfahren. Damit kann ein Strahlenbündel, also viele Bilder, die im Raum angeordnet sind, simultan rechnerisch eingepasst werden. Berücksichtigt werden dabei photogrammetrisch gemessene Bildpunkte, geodätische Beobachtungen und ein übergeordnetes Koordinatensystem. Die Verknüpfung der einzelnen Bilder zu einem Gesamtmodell erfolgt dabei über identische Punkte, die in mehreren Bildern vorkommen. Somit wird eine dreidimensionale Rekonstruktion des erfassten Objekts möglich. Mittels Passpunkten, deren übergeordnete Koordinaten bekannt sind, wird ein Bezug zu einem übergeordneten Koordinatensystem hergestellt. Der beschriebene Prozess wird auch Alignment genannt, dazu kann auch die Zuordnung der Bilder mit Merkmalserkennung und Matching gehören.

Mathematisch betrachtet ist die Bündelblockausgleichung eine Ausgleichung eines überbestimmten Gleichungssystems, Ziel ist die Berechnung der Punktkoordinaten der 3D-Objekte, der Parameter der Orientierung der Bilder und des Modells sowie statistischer Messgrößen zur Genauigkeit. Bei der Berechnung werden sämtliche relevanten Größen des photogrammetrischen Bildverbandes so optimiert und berücksichtigt, dass als geometrische Bedingung sich homologe Strahlen so gut wie möglich an Objektpunkten schneiden. Durch das Strahlenbündel entstehen geometrische Figuren, alles zusammen formt ein genaues, dreidimensionales Netz. Die Bündelblockausgleichung gilt wegen höchster Leistungsfähigkeit und Genauigkeit als optimales Verfahren zur photogrammetrischen Orientierung von Bildern und Bestimmung von Punkten. (Luhmann, 2023, S. 343)

2.7.2 Interpretation von Gebäudehöhen und Dachformen aus Fotografien

Durch Fotografien, aus der Luft oder vom Boden aus, können durch einfache Interpretation durch den Betrachter Informationen zur Gebäudehöhe und zur Dachform gewonnen werden. Zur Abschätzung der Höhen dienen dabei die Anzahl der Stockwerke und Gegenstände sowie Objekte, deren Höhe in etwa bekannt ist. Für die Höhe eines Stockwerks kann dabei eine Größe zwischen drei und vier Metern veranschlagt werden. Aus der Abbildung 13 können durch Interpretation für das Gebäude in der Bildmitte die Informationen *Satteldach* als *Dachform*, *Höhe der Traufe ca. 7 m* und *Höhe des Dachfirstes ca. 11 m* gewonnen werden.



Abbildung 13: Ein Beispielbild, aus dem 3D-Informationen für ein Gebäude gewonnen werden (Sammlung Haas)

2.8 Edelsfeld als Beispiel

Der als Beispiel gewählte Ort ist das Pfarrdorf Edelsfeld, Hauptort und Sitz der selbstständigen gleichnamigen Gemeinde. Edelsfeld liegt an der Bundesstraße 85 im Nordwesten des Landkreises Amberg-Weilburg, der Teil des bayerischen Regierungsbezirks Oberpfalz ist. Die Gemeinde besteht in ihrer heutigen Form seit der Gemeindegebietsreform 1978, bei der die umliegenden Gemeinden Sigras, Steinling und Weißenberg eingegliedert wurden und war vom 01.05.1978 bis zum 31.12.1997 Teil der Verwaltungsgemeinschaft Königstein. Erstmals urkundlich erwähnt wird Edelsfeld im Jahr 1142. Durch einen Großbrand brannten 1756 die gesamte Ortschaft mit Ausnahme von einem Anwesen und der damals einzigen Kirche ab. Am 21.04.1945 wurden zahlreiche Gebäude bei Kriegshandlungen des zweiten Weltkrieges zerstört. Als Folge dieses Weltkrieges wuchs in den Jahren danach die Einwohnerzahl durch Heimatvertriebene. Das zeitliche Ortsmodell, das mit dieser Arbeit entsteht, deckt mit einer Zeitspanne von 189 Jahren von 1835 bis 2024 somit nur einen kleinen Teil der Ortsgeschichte ab. (Binder et al., 2008, S. 62-176; Regler, 2005, S. 93–97)

In der vorliegenden Arbeit wird ausschließlich die zusammenhängende Ortslage Edelsfeld ohne Gebäude im Außenbereich berücksichtigt, die von der eigentlichen Ortschaft durch landwirtschaftliche Flächen räumlich getrennt sind. Ausgenommen davon und somit zugehörig zum Untersuchungsgebiet sind die beiden Wohngebäude an der Einmündung der Sulzbacher Straße in die Bundesstraße 85 und die Sportstätte am Berg Hahnenkamm, denen eine topographisch größere Bedeutung zukommt als landwirtschaftlich genutzten Scheunen außerhalb der Ortslage. Abbildung 14 zeigt den roten Umring, der diese genannten Bedingungen erfüllt und das Untersuchungsgebiet darstellt. Darüber hinaus sollen im Ortsmodell Hausnamen und alte Hausnummern, die bis zur Einführung neuer Hausnummern und Straßennamen am 01.01.1976 gültig waren, visualisiert werden (Regler, 2009, S. 3).

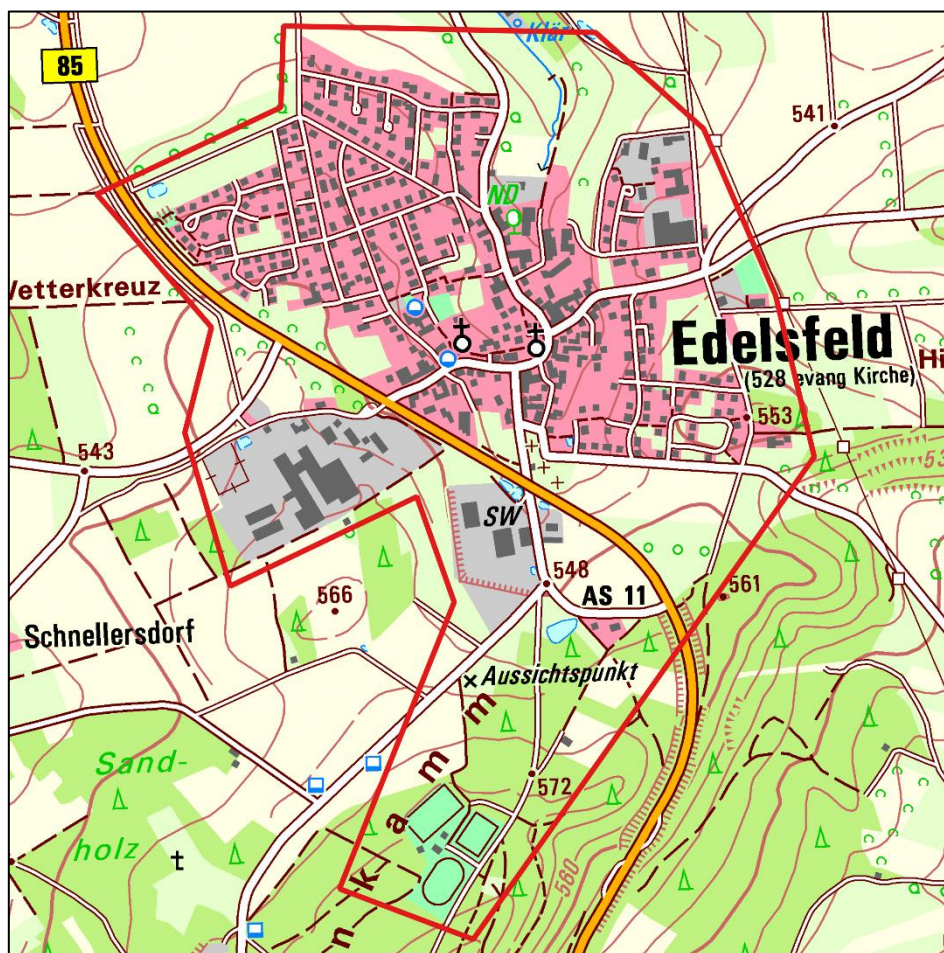


Abbildung 14: Das durch einen roten Umring eingegrenzte Untersuchungsgebiet (Eigene Darstellung, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Daten bearbeitet)

3 Datengrundlage

Dieses Kapitel gibt Aufschluss zu den zur Herstellung des Ortsmodells verwendeten Datenquellen in Form von Daten und Unterlagen. Sie lassen sich in räumliche Daten und Sachdaten einteilen. Räumliche Daten weisen hauptsächlich auf die Lage, Form oder Größe eines Objektes hin, während Sachdaten vor allem Informationen zu zeitlichen Attributen oder zur Adresse enthalten. Eine strikte Trennung ist nicht möglich, da beispielsweise Fortführungsrisse sowohl räumliche Informationen wie Umfangsmaße als auch Sachinformationen wie zur Hausnummer eines Gebäudes enthalten.

Tabelle 1: Aufstellung und Einteilung der Datenquellen

Räumliche Daten	Sachdaten
Uraufnahmeblätter	Amtliche Ortsverzeichnisse
Liquidationsplan und weitere analoge Flurkarten	Beilagen des Grundsteuerkatasters in Schriftform
Messoperale	Sonstige Textquellen
Fortführungsrisse	
Daten der Digitalen Flurkarte	
Daten aus ALKIS	
3D-Gebäudemodelle	
Luftbilder und Digitale Orthophotos	
Digitales Geländemodell	
Historische Topographische Karten	
Fotografien durch Privatpersonen	

3.1 Räumliche Daten und Unterlagen

3.1.1 Uraufnahmeblätter

Das LDBV stellt die über 24.000 Flurkartenblätter der Erstvermessung in Bayern, auch Uraufnahmeblätter genannt, flächendeckend für alle bayerischen Städte und Kommunen bereit. Seit 2011 ist die kostenpflichtige Bestellung dieser Flurkarten sowohl analog als Kopie, als auch in Form digitaler und georeferenzierter Rasterdaten in den Dateiformaten TIFF und JPG möglich. Im Dezember 2024 wurden die Nutzungsbedingungen des BayernAtlas aktualisiert. Dadurch dürfen PDF-Ausdrucke und Screenshots – auch von den Uraufnahmeblättern – angefertigt werden und mit Quellenangabe nichtkommerziell nach Belieben kostenlos

weiterverwendet werden. Die Uraufnahmeblätter sind das Ergebnis der Erstvermessung in Bayern mit dem Messtisch und beinhalten Flurstücksgrenzen, Gebäude, Verkehrswege, Nutzungsarten sowie Gewässer im Maßstab 1:5.000, in Sonderfällen auch in den größeren Maßstäben 1:2500 und 1:1.250. Neben den Rahmenblättern existieren auch ca. 3.000 Stadt- und Ortsblätter, die ausschließlich die Siedlungsflächen von Ortslagen beinhalten. (BVV, 2024; LDBV, 2011)

Der Karteninhalt stellt ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 8.000 bayerischen Fuß, heute entsprechend 2334,8733 m, dar. Daraus ergibt sich eine dargestellte Fläche von ca. 545,2 ha. Im Maßstab 1:5.000 betragen, maßstäblich entsprechend, die Seitenlängen des quadratischen Inhalts auf der gedruckten Karte ca. 46,7 cm. (LVG, 2007, S. 21; Seeberger & Holl, 2001, S. 35)

Die Form der Darstellung richtet sich nach den Vorschriften zur Planzeichnung von 1808 und 1830, Abbildung 15 zeigt die Vorschrift von 1830, darin werden Kirchen, Wohngebäude, Ökonomiegebäude (Wirtschafts- bzw. Nebengebäude) und öffentliche Gebäude farblich unterschieden.

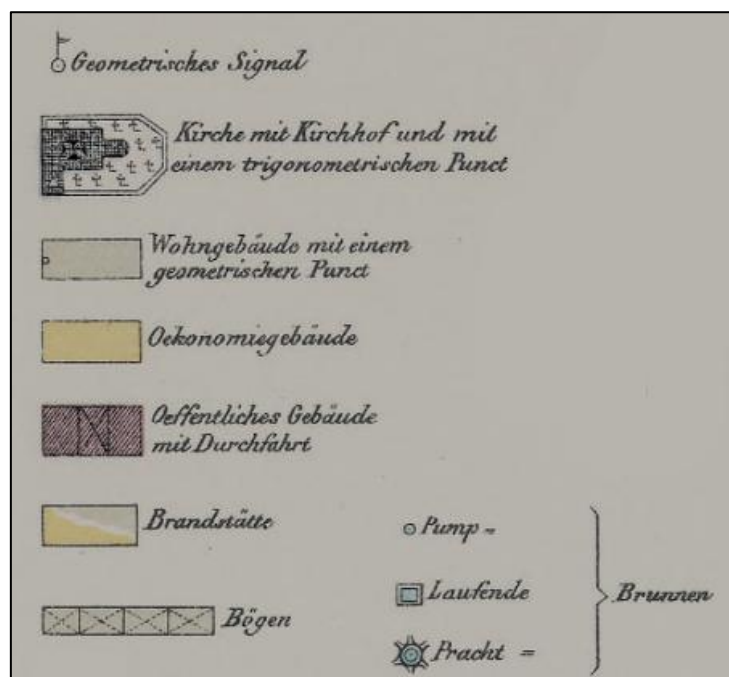


Abbildung 15: Ausschnitt aus der Vorschrift zur Planzeichnung von 1830 (bearbeitet) (Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung [LDBV], 2025, S. 3)

Trotz bayernweit einheitlicher Vorschriften zur farblichen Darstellung gibt es Unterschiede zwischen verschiedenen Uraufnahmeblättern. Abbildung 16 zeigt, dass die Farbe der Ökonomiegebäude von Edelsfeld im Blatt NO 69-04 ähnlich wie die des Hintergrundes ist, während sich im von Edelsfeld circa 10 km entfernten Dorf Oberschalkenbach im Blatt

NO 69-08 jene Gebäude mit einem gelblicheren Ton abheben. Bei dem Blatt NO 69-04 von Edelsfeld hat der geringe Kontrast den Nachteil, dass bei kleinen Flächen unklar ist, ob es sich um ein kleines Flurstück oder um ein kleines Nebengebäude handelt. Sicherheit besteht erst beim Vergleich mit dem Liquidationsplan, in welchem Gebäude schraffiert dargestellt sind. Auf den Liquidationsplan wird in Kapitel 3.1.2 näher eingegangen.



Abbildung 16: Links: Ausschnitt auf dem Uraufnahmeblatt NO 69-05 mit dem Dorf Edelsfeld; Rechts: Ausschnitt aus dem Uraufnahmeblatt NO 69-08 mit dem Dorf Oberschalkenbach (Hintergrundkarte: © Bayerische Vermessungsverwaltung (2025) Datenquelle: Geoportail Bayern www.geoportail.bayern.de, Daten verändert)

Im Uraufnahmeblatt NO 69-04 erscheint das Untersuchungsgebiet, die Ortschaft Edelsfeld, vollständig im Ausschnitt, wie Abbildung 17 zeigt. Darüber hinaus ist darin zu erkennen, dass im Kartenrand neben dem Blattnamen *N.O. LXIX.4* auch die Namen benachbarter Fluren und Gemeinden in der zu der Zeit üblichen Kurrentschrift angegeben sind. Weiter befindet sich dort im Rand, ebenfalls in Kurrent, der Vermerk zum Autor „Carl Greger Geometer haftet für richtige Messung“ und für den zeitlichen Bezug die Jahreszahl 1835. Darüber hinaus sind Zugehörigkeiten mancher Flurstücke zu benachbarten Ortsfluren und ein Verweis auf zur Karte zugehörige Brouillons angemerkt, auf Brouillons wird in Kapitel 3.1.4 eingegangen. Für die Ortschaft Edelsfeld existiert – so weit bekannt – kein Ortsblatt.

Aus dem digitalisierten und georeferenzierten Uraufnahmeblatt NO 69-04 ergeben sich folgende für das Modell relevante Informationen:

- Räumliche Informationen:
 - Lage und Größe der Grundflächen der Gebäude
 - Lage und Größe der Verkehrswege
- Zeitliche Informationen:
 - Existenz der Objekte zum Zeitpunkt der Vermessung 1835

- Sachinformationen
 - o Funktion (Nutzung) und Hausnummer der Gebäude



Abbildung 17: Uraufnahmeblatt NO 69 04 mit dem Untersuchungsgebiet Edelsfeld im Jahr 1835 (© Bayerische Vermessungsverwaltung, 2024, Daten verändert)

3.1.2 Liquidationsplan und weitere analoge Flurkarten

Zu den weiterführenden Flurkarten zählen der Liquidationsplan und die Fortführungskarten, zu denen die Atlasblätter und die Ummessungs-Korrektionsblätter gehören. Diese wurden als gescannte, nicht georeferenzierte Rasterdaten durch das Amt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (ADBv) Amberg zu wissenschaftlichen Zwecken der vorliegenden Arbeit zur Verfügung gestellt und sind folglich keine offiziellen Produkte der Bayerischen Vermessungsverwaltung. Der Stand der gescannten analogen Unterlagen hängt vom jeweiligen ADBv ab.

Die Liquidationsinstruktion regelte für das Grundsteuerkataster jeder Steuergemeinde, dass alle Angaben zum Eigentum und zugehörigen Rechten und Lasten mit der Unterschrift vom Eigentümer anerkannt werden müssen und dass ein Plan für die Steuergemeinde hergestellt werden muss. Dieser Steuergemeindeplan heißt *Liquidationsplan* und deckt eine gesamte Steuergemeinde (heutige Gemarkung) ab. Dafür wurden die Drucke der einzelnen Flurkartenblätter zusammengefügt. Ergänzt wurden zusätzlich die sogenannten Plannummern für jedes Flurstück, die heutigen Flurstücksnummern. Der Liquidationsplan wird auch *erstes Planexemplar* genannt. (LVG, 2007, S. 12; Ziegler, 1993, S. 61)

Dadurch, dass im Liquidationsplan die Ergebnisse der Erstaufnahme dargestellt sind, entspricht der Stand der Karte somit dem der Uraufnahmeblätter, auch die Blatteinteilung und der Maßstab sind gleichbleibend. Die Darstellung ist im Vergleich zu den Uraufnahmeblättern eine andere, wie Abbildung 18 zeigt. Gebäude erscheinen in der Karte schraffiert und heben sich dadurch besser vom Kartenhintergrund ab.



Abbildung 18: Ausschnitt aus dem Liquidationsplan der Steuergemeinde Edelsfeld
(© ADBV Amberg, 2024)

Fortführungskarte ist ein Überbegriff für die Atlasblätter (Beilagen zum rentamtlichen Umschreibatlas) und die Ummessungs-Korrektionsblätter. In beiden Fällen entspricht der Blattschnitt der allgemeinen Flurkarteneinteilung und der Maßstab 1:5.000. In den Fortführungskarten wurden nach den einzelnen Planbeilagen der Messoperatere neue Grenzen und Gebäude in rot eingetragen, Wegfallendes wurde in rot ausgekreuzt. Die Fortführungen wurden durch die sogenannten Bezirksgeometer vorgenommen.

Die Eintragungen in die Fortführungskarte geschahen meist in den Wintermonaten und wurden entsprechend mit weniger Sorgfalt ausgeführt. Dadurch kommt es zu Widersprüchen zwischen den Planbeilagen der Messoperatere und der Fortführungskarte. Dieser Umstand spielt für das Abgreifen der Gebäudeflächen bei der Datenverarbeitung eine Rolle, im Zweifelsfall werden

die Flächen den Planbeilagen und nicht der Fortführungskarte entnommen.

In unregelmäßigen Abständen, wenn eine ausreichende Anzahl an Veränderungen vorgelegen hat, diente die Fortführungskarte als Grundlage für die Umgravierung des entsprechenden Lithopgraphiesteins. Nach einer Umgravierung ersetzten neue Kartendrucke die bisherigen Fortführungskarten. (Ziegler, 1993, S. 72)

Aus den drei vorhandenen Atlasblättern und den zwei Ummessungs-Korrektionsblättern geht nicht hervor, auf welches Datum sich die jeweiligen Eintragungen beziehen.

Aus dem Liquidationsplan und den Fortführungskarten ergeben sich folgende für das Modell relevante Informationen:

- Räumliche Informationen:
 - o Nach Georeferenzierung: Absolute Lage und Größe der Grundflächen der Gebäude
 - o Nach Georeferenzierung: Absolute Lage und Größe der Verkehrswege
- Sachinformationen:
 - o Funktion (Nutzung) und Hausnummern der Gebäude

3.1.3 Messoperat

Wenn Flurstücke und Gebäude verändert wurden, war eine Aktualisierung des Grundsteuerkatasters notwendig, die Umschreibung genannt wird. Nach der damaligen Gesetzeslage musste bei einer derartigen Veränderung ein von der Messungsbehörde erstellter Plan vorgelegt werden. Dieser Plan war Teil des sogenannten Auszugs aus dem Messungsverzeichnis, das bis 1864 Ummessungstabelle und bis 1905 Messoperat hieß. Bis heute existiert ein Nachfolger davon, der ab 1952 den Namen Veränderungsnachweis trägt und später in Fortführungsnachweis umbenannt wurde. Dieses Dokument wird nach einer Vermessung dem Grundbuchamt, bzw. dem Notar übersendet. Im Folgenden sollen unter Messoperat die Auszüge zwischen dem Zeitpunkt der Uraufnahme und 1905 verstanden werden.

Ein Messoperat besteht aus vier Teilen. Der erste Teil ist das *Titelblatt*, es enthält die fortlaufende Nummer des Operats, die Steuergemeinde mit Ortsflur, den Namen des Eigentümers oder der Eigentümer mit zugehöriger Hausnummer, ein Verzeichnis der Anlagen und die Unterschrift des ausführenden Geometers. Die *Kartenbeilage* ist der zweite Teil und wird auch als Planbeilage bezeichnet. Darin sind die Veränderungen im Bestand der Flurstücke und Gebäude in rot gekennzeichnet. An dritter Stelle steht die *Ummessungs-Tabelle* als tabellarische Beschreibung der Veränderungen, mit Angaben zur Hausnummer, zum Namen

und zum Wohnort des Besitzers, zur Plannummer des veränderten Flurstücks oder Gebäudes samt (Kulturart und) Benennung. Weitere Angaben sind die Fläche in Tagwerk und Dezimal, später in Hektar und Quadratmetern, Bonitätsklasse & Verhältniszahl (bei landwirtschaftlichen Flächen) dem zugehörigen Detail- oder Ortsblatt, der Art der Veränderungen und den Vermessungskosten. Abgeschlossen wird ein Messoperat durch Angaben zur (graphischen) *Flächenberechnung* als vierten Teil. (Ziegler, 1993, S. 73)

Das erste für das Ortsmodell von Edelsfeld relevante Messoperat trägt die fortlaufende Nummer 2 und ist auf den 18.01.1847 datiert. Insgesamt decken die 87 Messoperate der damaligen Steuergemeinde Edelsfeld einen Zeitraum von 1847 bis 1905 ab, davon sind 34 für das Ortsmodell relevant. Die Operate werden beim zuständigen ADBV aufbewahrt und sind kein offizielles Produkt der Bayerischen Vermessungsverwaltung.

Eine tabellarische Aufstellung der Messoperate befindet sich im Anhang A.1.

Aus den Planbeilagen der Messoperate ergeben sich folgende für das Modell relevante Informationen:

- Räumliche Informationen:
 - Nach Georeferenzierung: Absolute Lage, Größe und Veränderung der Gebäude
 - Nach Georeferenzierung: Lage und Größe der Verkehrswege
- Zeitliche Informationen
 - Entstehungsdatum neuer Gebäude und Verkehrswege
 - Untergangsdatum abgerissener, bzw. umgebauter Gebäude und verlegter Verkehrswege
- Sachinformationen:
 - Funktion (Nutzung) und Hausnummer der Gebäude

3.1.4 Fortführungsrisse

Ein Fortführungsriß dient in Bayern als technische Dokumentation amtlicher Flurstücks- und Gebäudevermessungen. Form und Inhalt sind in der internen, nichtöffentlichen KatA, der *Anweisung zur Fortführung und Nutzung des Liegenschaftskatasters (Katasteranweisung - KatA)* festgelegt, der gesetzliche Auftrag geht aus dem Artikel 17 des *Bayerischen Gesetzes über die Abmarkung der Grundstücke (Abmarkungsgesetz – AbmG)* hervor, das in seiner Urform im Jahr 1900 erlassen wurde. Im Fortführungsriß müssen dem Abmarkungsgesetz zufolge Grenzzeichen durch Messungszahlen dokumentiert werden. Die Fortführungsrisse enthalten neben allen gemessenen Maßen eine grafische Darstellung der Messsituation, aus der

alle Veränderungen ersichtlich sind, sowie schriftliche Angaben zum Sachverhalt. (LVG, 2007, S. 13)

Nach dem bayerischen Gesetz über die Landesvermessung und das Liegenschaftskataster (Vermessungs- und Katastergesetz – VermKatG), Artikel 11, Absatz 3 wird die technische Dokumentation grundsätzlich nicht bekannt gegeben. Ausnahmen davon kann das Staatsministerium oder eine nachgeordnete Behörde zulassen. Angehörigen der Bayerischen Vermessungsverwaltung stehen die Fortführungsrisse zur Alltagsarbeit zur Verfügung. Ein Großteil ist digitalisiert im Intranet der BVV einsehbar.

Als Vorgänger der Fortführungsrisse gelten Brouillons, einfache Skizzen der Messsituation mit eingetragenen Maßen. Sie werden auch *Handrisse des Bezirksgeometers* genannt. Die Brouillons finden sich in der Beilage zum Grundsteuerkataster wieder und basieren anfangs nur auf graphisch bestimmten Maßen. Erst später sind für ein Objekt gemessene Maßzahlen enthalten. In sogenannten *Brouillonbüchern der Geometer*, die nach Datum für das gesamte Messgebiet geführt wurden, werden die Skizzen zu jeder Vermessung eingetragen. Dadurch finden sich relevante Brouillons in verschiedenen Büchern wieder und lassen sich geschlossen für eine Ortschaft schwer auffinden. Aus diesem Grund werden die Brouillons bei der vorliegenden Arbeit nicht untersucht. (Ziegler, 1993, S. 54)

Der erste Fortführungsriß in der Gemarkung Edelsfeld ist auf den 08.03.1893 datiert. Seit diesem Datum entstanden bis zum Stichtag 01.09.2024 über 800 Fortführungsrisse, die alle ausgewertet wurden und von denen 529 für das Ortsmodell relevant sind.

Eine tabellarische Aufstellung der Fortführungsrisse befindet sich im Anhang A.2.

Aus den Fortführungsrisen ergeben sich folgende für das Modell relevante Informationen:

- Räumliche Informationen:
 - o Relative Lage von Gebäuden zu benachbarten Objekten, Spannmaße der Gebäudeseiten und ggf. zu umliegenden Grenzen und Gebäuden, ggf. Höhe und Dachform
 - o Relative Lage, Größe der Verkehrswege
- Zeitliche Informationen
 - o Untergangsdatum abgerissener, bzw. umgebauter Gebäude und verlegter Verkehrswege
 - o Entstehungsdatum neuer Gebäude und Verkehrswege
 - o Falls gegeben: Bau-, bzw. Abrissdatum / -jahr eines Gebäudes

- Sachinformationen:
 - o Funktion (Nutzung) und Hausnummer der Gebäude

3.1.5 Gebäudedaten der Digitalen Flurkarte

Daten der Digitalen Flurkarte sind kein Teil des Produktangebots der BVV und nur innerhalb der ÄDBV über das Behördennetz auf den Dienstrechnern zu Recherchezwecken für Katastervermessungen verfügbar. Abgerufen werden können alle Daten der Digitalen Flurkarte über ein von der Bayerischen Vermessungsverwaltung selbst entwickeltes Plugin *DFK-Archiv* im Geo-Informationssystem QGIS.

Über eine Abrufmaske können entweder spezifische Änderungsstände von Flurstücken oder der Bereich ganzer Flurkartenblätter abgefragt und abgerufen werden. Wenn die entsprechenden Parameter in die Maske eingegeben sind und die Maske bestätigt wird, werden alle Daten der DFK für das gesamte Gebiet des zuständigen ADBV in die Benutzeroberfläche von QGIS geladen. Für die vorliegende Arbeit wird nur ein kleiner Teil der Datenmenge benötigt. Abbildung 19 zeigt einen Ausschnitt der Digitalen Flurkarte nach dem Abruf in QGIS, Gebäude sind darin grün und gelb dargestellt, Gebäudedetails wie Überdachungen transparent, schwarz umrandet und von zwei gestrichelten Linien durchkreuzt.

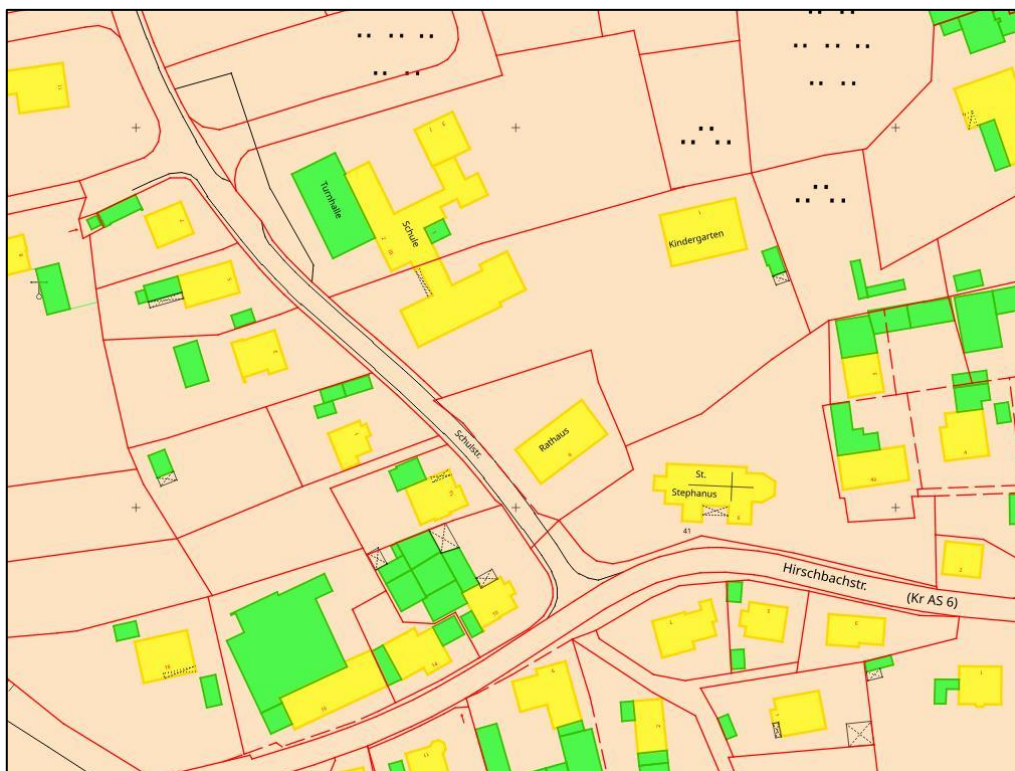


Abbildung 19: Ausschnitt der Digitalen Flurkarte von Edelsfeld (Eigene Darstellung mit QGIS)

Davon sind die Gebäudeflächen und die Gebäudedetails relevant, sie werden aus den Layern der Datenabfrage exportiert und weiterverarbeitet, darauf wird in Kapitel 4.3.3 genauer eingegangen.

Der älteste abrufbare Stand für das Untersuchungsgebiet, in dem Daten enthalten sind, ist der 31.05.1996 um 23:00:00 Uhr nach der koordinierten Weltzeit (englisch: Coordinated universal time - UTC), der jüngste verfügbare Stand ist am 31.12.2015 um 23:00:00 Uhr (UTC), wobei seit dem 31.03.2013 keine Änderungen im Datensatz festgestellt werden können.

In der DFK fallen auch einzelne Fehler auf, so veranschaulicht Abbildung 20, dass beispielsweise bei einem Gebäude in der Ortsmitte von Edelsfeld die Gebäudefläche fehlt, während Gebäudeliniien und die Hausnummer vorhanden sind.

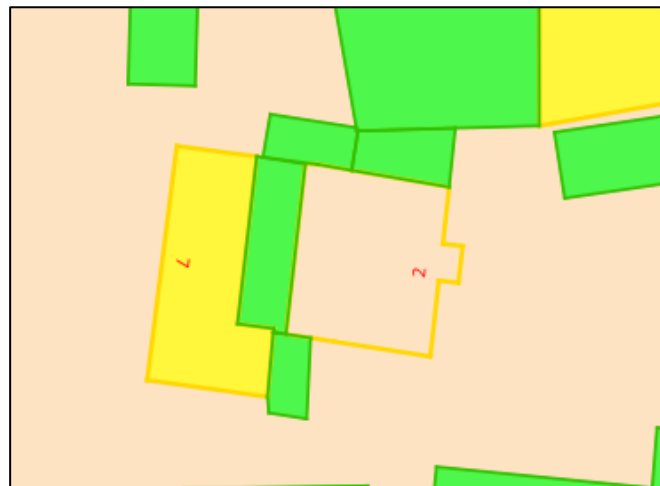


Abbildung 20: Fehler in der Digitalen Flurkarte (Eigene Darstellung mit QGIS)

Aus den Gebäudedaten der DFK ergeben sich folgende für das Modell relevante Informationen:

- Räumliche Informationen:
 - o Absolute Lage und Größe der Gebäude

3.1.6 Daten aus ALKIS

Zu den Daten aus ALKIS zählen die Hausumringe als Teil des OpenData-Angebots, die aus ALKIS abgeleitet werden und für jedes Regierungsbezirk heruntergeladen werden können. Ein Hausumring ist ein zweidimensionales Polygon, das die Grundfläche eines Gebäudes repräsentiert. Nach dem Download aus OpenData-Plattform als SHAPE-Datei enthält jedes Objekt den zugehörigen Amtlichen Gemeindegemeinschaftsschlüssel, kurz AGS, der als Identifikationsnummer jeder Gemeinde zugeordnet ist, als einziges Attribut.

Die Bayerische Vermessungsverwaltung bietet seit dem Jahr 2019 das Verfahren der Nutzerbezogenen Bestandsdatenaktualisierung (NBA) an. Zweck ist aus Kundensicht die Aktualisierung eines veralteten Datenstand mittels Differenzdatenverfahren. Eine NBA-Datei enthält Daten zur Veränderung des ALKIS-Standes zwischen zwei Stichtagen in Form von drei Datensätzen: <Delete> für weggefallene, <Insert> für hinzugefügte und <Replace> für geänderte Objekte. Dateninhalt können beispielsweise Gebäude oder Flurstücke sein. (BVV, 2019)

Weitere Details zu NBA-Daten enthält die GeoInfDok (AdV, 2019, S. 141–147).

Aus den Hausumringen ergeben sich folgende für das Modell relevante Informationen:

- Räumliche Informationen:
 - o Absolute Lage und Größe der Gebäude

Aus den NBA-Daten ergeben sich folgende für das Modell relevante Informationen:

- Räumliche Informationen:
 - o Lage und Größe von hinzugefügten, geänderten und untergegangenen Gebäuden zwischen zwei Stichtagen
- Zeitliche Informationen:
 - o Entstehungs- und Untergangsdatum der hinzugefügten, geänderten und untergegangenen Gebäude zwischen zwei Stichtagen

3.1.7 3D-Gebäudemodelle (LoD2)

Die 3D-Gebäudemodelle sind dreidimensionale Modelle aller katastertechnisch erfassten Gebäude. Sie gehören zu den offenen Geodaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung und werden im Dateiformat CityGML in den Detaillierungsstufen LoD1 und LoD2 vertrieben. Die Datengrundlage für die Erstellung sind die Ergebnisse der Laserscan-Befliegung Bayerns, die Daten aus der amtlichen Gebäudeeinmessung und das Digitale Geländemodell. Laut Auskunft der Servicestelle des LDBV ist nur der Abruf des aktuellen Standes möglich, historische Gebäudemodelle sind demnach nicht verfügbar. (LDBV, 2025a)

Nach dem allgemeinen Modellierungsschema der AdV beinhalten die 3D-Gebäudemodelle in der Stufe LoD2 beispielsweise Angaben zur Gebäudehöhe, zur Gebäudefunktion, zur Qualität, optional zu Stockwerkzahl und Namen sowie zur Dachform. Aus den flächenhaften MultiSurfaces setzt sich der geschlossene Körper Solid zusammen, wie Abbildung 21 zeigt. Die Genauigkeit der Höhe wird mit 1 m angegeben. (LDBV, 2023)

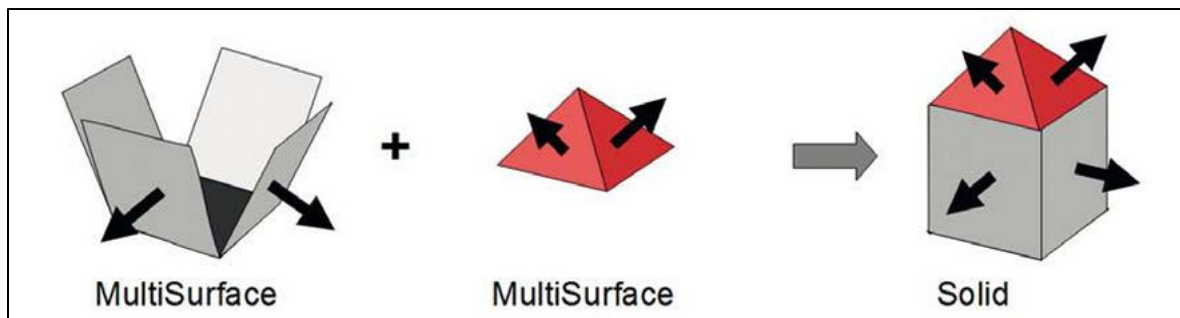


Abbildung 21: Zusammenhang zwischen MultiSurface und Solid (Coors et al., 2016, S. 51)

Aus den 3D-Gebäudemodellen ergeben sich folgende für das Modell relevante Informationen:

- Räumliche Informationen:
 - o Absolute Lage und Höhe, sowie die dreidimensionale Größe der Gebäude

3.1.8 Luftbilder und Digitale Orthophotos

Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Luftbilder und Orthophotos erstrecken sich über einen Zeitraum von 1945 bis 2023. Alle verwendeten Luftbilder der vorliegenden Arbeit sind in der online aufrufbaren Luftbildrecherchestation der Bayerischen Vermessungsverwaltung samt den zugehörigen Metadaten einsehbar. Für nicht wissenschaftliche Zwecke müssen die Luftbilder kostenpflichtig erworben werden, die Digitalen Orthophotos sind als OpenData kostenfrei. Bereitgestellt werden können nur bereits digitalisierte Luftbilder. Die ersten Luftbilder aus dem Jahr 1945 entstammen den Luftbildbefliegungen der Alliierten Streitkräfte. Weitere Luftbildbefliegungen wurden durch das LDBV veranlasst, im Falle von Edelsfeld in den Jahren 1952, 1963, 1973, 1983, 1988, 1991, 1999 und 2001. Orthophotos existieren für Edelsfeld in den Jahren 2004, 2007, 2010, 2013, 2016, 2017 und 2021. Obwohl Nordbayern im Jahr 2023 befliegen wurde, gibt es für das Fluglos des Untersuchungsgebiets kein Orthophoto. Durch die Befliegung des benachbarten Flugloses und die entsprechende Überlappung sind jedoch Luftbilder von Edelsfeld für 2023 verfügbar.

Eine tabellarische Aufstellung der Luftbilder und Orthophotos befindet sich im Anhang A.3.

Aus den Luftbildern und Orthophotos ergeben sich folgende für das Modell relevante Informationen:

- Räumliche Informationen:
 - o Absolute Lage und Größe der Gebäudegrundflächen (Bei Luftbildern erst nach Georeferenzierung)
 - o Lage und Größe der Verkehrswege (Bei Luftbildern erst nach Georeferenzierung)

- Dachform und bei Luftbildern teilweise Objekthöhe und Stockwerkzahl
- Zeitliche Informationen:
 - Existenz der Objekte zum Zeitpunkt der Aufnahme

3.1.9 Digitales Geländemodell

Das Digitale Geländemodell (DGM) ist ein digitales Abbild der Höhen der Erdoberfläche ohne darauf befindliche Gebäude oder Vegetation. Es ist Teil des OpenData-Angebots der BVV und ist hier nur für das 3D-Ortsmodell erforderlich. Zur Verfügung gestellt wird das DGM flächendeckend für ganz Bayern in der Auflösung 1 m mit der Bezeichnung DGM1 und in der Auflösung 5 m, bezeichnet als DGM5, jeweils in den Dateiformaten GEOTIFF und ASCII-TXT, in Form von Kacheln mit einer Seitenlänge von 1 km. Über das DGM erhalten die Gebäude und Verkehrswege durch Überlagerung einen Höhenbezug zum amtlichen Höhenbezugssystem DHHN2016. (BVV, 2025c; LDBV, 2025f)

Aus dem DGM ergeben sich durch Überlagerung folgende für das Modell relevante Informationen:

- Räumliche Daten:
 - Absolute Höhe der Gebäude
 - Absolute Höhe der Verkehrswege

3.1.10 Historische Topographische Karten

Historische topographische Karten im Maßstab 1:25.000 werden aufgrund der kartographischen Generalisierung nicht zur Modellierung verwendet, sondern dienen lediglich zur Veranschaulichung bei der Präsentation des 2D- und 3D-Ortsmodells. Für das Untersuchungsgebiet sind die Ausgaben der Jahre 1936, 1949, 1952 und 1963 kostenlos über den BayernAtlas mit Download-Möglichkeit abrufbar, die Ausgaben der Jahre 1980, 1994 und 1997 sind grundsätzlich kostenpflichtig, werden jedoch im Rahmen der wissenschaftlichen Arbeit kostenfrei bereitgestellt. (BVV, 2025a; LDBV, 2025g)

3.1.11 Fotografien aus privater Hand

Fotografien von Privatpersonen zählen zu den nichtamtlichen Daten, die in der vorliegenden Arbeit mit ausgewertet werden. Von besonderem Wert sind Fotografien historischer Zustände, die bereits abgerissene Gebäude einer Ortslage zeigen. Dadurch lassen sich nachträglich die Dachform und die Anzahl der Stockwerke eines Gebäudes erfassen, auch wenn dieses nicht mehr existiert. Darüber hinaus geben Fotografien Aufschluss über zeitliche Attribute von Gebäuden, Voraussetzung dafür ist, dass das Aufnahmedatum bekannt ist. Die Anzahl

verfügbarer historischer Fotografien ist für jeden Ort spezifisch und wird hier nur für das Beispiel untersucht. Unter den gesammelten Fotografien befindet sich auch eine gezeichnete Postkarte mit Ortsansichten, diese ist streng genommen keine Fotografie, wird aber im Folgenden darunter kategorisiert.

Eine tabellarische Aufstellung mit Abbildungen der Fotografien befindet sich im Anhang A.4.

Aus den Fotografien ergeben sich folgende für das Modell relevante Informationen:

- Räumliche Informationen:
 - o Relative Lage und Größe der Gebäude zueinander, Dachform, Stockwerkzahl und abgeschätzte Höhe
 - o Lage und Größe der Verkehrswege
- Zeitliche Informationen:
 - o Existenz der sichtbaren Objekte zum Zeitpunkt der Aufnahme, sofern das Aufnahmedatum bekannt ist

3.2 Sachdaten und textbasierte Unterlagen

3.2.1 Amtliche Ortsverzeichnisse

Als Quelle für die Einwohner- und Wohngebäudezahlen dienen die Amtlichen Ortsverzeichnisse. Insgesamt neun davon wurden zwischen 1877 und 1991 vom Bayerischen Landesamt für Statistik, bzw. vom Königlich Bayerischen Statistischen Bureau herausgegeben. Darin sind statistische und topographische Daten zu allen Orten im jeweiligen zeitgenössischen Hoheitsgebiet des heutigen Freistaats Bayern enthalten. Titel und Inhalt variieren von Ausgabe zu Ausgabe, die Dokumente aus den Jahren 1877, 1888 und 1904 heißen *Ortschaften-Verzeichnis des Königreichs Bayern*, im Jahr 1928 nach dem Ende der Monarchie wurde das Ortsverzeichnis in *Ortschaften-Verzeichnis für den Freistaat Bayern* umbenannt. Die Ortsverzeichnisse der Jahre 1950, 1964, 1973, 1978 und 1991 tragen den Titel *Amtliches Ortsverzeichnis für Bayern*. Im Folgenden soll der Begriff *Amtliches Ortsverzeichnis* als Überbegriff für alle Ausgaben gelten.

Die Ordnung der einzelnen Ortschaften ergibt sich nach den Regierungsbezirken, Landkreisen und Kommunen, bzw. deren historischen Äquivalenten. Allen Ortsverzeichnissen geht eine Volkszählung voraus, bei welcher Daten wie Einwohnerzahlen und Gebäudezahlen erhoben wurden. Inhaltlich unterscheiden sich die Ausgaben, im ersten Ortsverzeichnis von 1877 sind zum Beispiel die Anzahl der Gebäude anstatt, wie in späteren Verzeichnissen die Anzahl der Wohngebäude, oder Zahlen zum Viehbestand enthalten.

Im Vorfeld gab es Volkszählungen im Königreich Bayern auch bereits in den Jahren 1861, 1867

und 1871, die daraufhin veröffentlichten bayerischen Gemeindeverzeichnisse enthalten jedoch nur Daten zu den Gemeinden und nicht zu den einzelnen Ortslagen. Das Bayerische Landesamt für Statistik führt heute Bevölkerungsdaten nur mehr für Gemeinden als kleinste Einheiten, eine Auswertung der Bevölkerungszahlen für einzelne Orte ist somit nicht mehr möglich (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2025). (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 1991; Bayerisches Statistisches Landesamt, 1928, 1952, 1964, 1973, 1978; Königlich Bayerisches Statistisches Bureau, 1877, 1888, 1904; Wolfrum, 2012)

Aus den Amtlichen Ortsverzeichnissen ergeben sich folgende für das Modell relevante Informationen:

- Sachinformationen:
 - Anzahl der Wohngebäude, bzw. Gebäude zum Zeitpunkt der jeweiligen Volkszählung
 - Anzahl der Einwohner von Edelsfeld zum Zeitpunkt der jeweiligen Volkszählung (nur zu Untersuchungszwecken)

3.2.2 *Beilagen des Grundsteuerkatasters in Schriftform*

Die Beilagen des Grundsteuer-Katasters enthalten Angaben zur graphischen Flächenberechnung, zu den einzelnen zu versteuernden Flächen, sowie zu den Einwohnern und deren Hausnamen, bzw. Berufen. Zum Zweck der Heimatforschung und Dokumentation werden die in der Volkssprache gebräuchlichen Hausnamen im Ortsmodell dargestellt.

Aus den Amtlichen Ortsverzeichnissen ergeben sich folgende für das Modell relevante Informationen:

- Sachinformationen:
 - Hausname, bzw. Beruf des Eigentümers zum Zeitpunkt 1835

3.2.3 *Sonstige Textquellen*

Die sonstigen, nichtamtlichen Textquellen sind ortsspezifisch. Dabei handelt es sich um das Heimatbuch der Gemeinde Edelsfeld, um private Aufzeichnungen, sowie Zeitungsartikel, in denen über die Errichtung oder den Abriss von Gebäuden berichtet wird.

Eine Aufstellung der Inhalte der zugezogenen sonstigen Textquellen befindet sich im Anhang A.5.

Aus den sonstigen Textquellen ergeben sich – abhängig von der Quelle - folgende für das Modell relevante Informationen:

- Zeitliche Informationen:
 - Entstehungs- oder Untergangsdaten von Gebäuden und Verkehrswegen
- Sachinformationen
 - Hausnamen zu Gebäuden

4 Verarbeitung der Datengrundlage

Im vierten Kapitel wird darauf eingegangen, wie die im dritten Kapitel beschriebenen Daten und Informationen weiterverarbeitet werden bis zu dem Zustand, in dem sie direkt in das Modell im GIS eingepflegt, bzw. für die Modellierung verwendet werden können. Alle eingehenden Daten, die in der Verarbeitung gleich oder ähnlich behandelt werden, lassen sich in entsprechende, eigens definierte Kategorien einteilen.

4.1 Organisation und Speicherung

Im Vorfeld ist es für eine einheitliche und zentrale Datenhaltung und -verarbeitung sinnvoll, die analog vorliegenden Unterlagen zu digitalisieren und anschließend wie digitale Daten weiter zu behandeln und zu kategorisieren. Alle Daten werden in Dateiform und Ordnerstrukturen gespeichert.

4.2 Digitalisierung und Kategorisierung

4.2.1 Digitalisierung analoger Unterlagen

Messoperete, Beilagen des Grundsteuerkatasters und gesammelte Fotografien existieren bislang nur in Papierform. Wie bereits beschrieben sollen alle Daten digital vorliegen, um sie einheitlich auswerten zu können. Um dieser Forderung nachzukommen, werden die analogen Unterlagen mit einem herkömmlichen Dokumentenscanner abgescannt, bzw. mit einem Smartphone abfotografiert.

Bei den Beilagen des Grundsteuerkatasters und den Messoperaten handelt es sich um historische Dokumente, die älter als 100 Jahre sind. Die Digitalisierung dieser Dokumente ist allein schon zum Schutz der historischen Originale notwendig. Die einzelnen Blätter werden gebunden gelagert, einzelne Seiten lassen sich aufgrund der Bindung teilweise nicht vollständig öffnen. Um diese Form zu bewahren und durch das Plattdrücken auf Planflächen von Scannern nicht zu zerstören, wurden die einzelnen Seiten mit einem Smartphone abfotografiert und nicht gescannt. Dadurch entstehen Bilder im Format JPEG. Im Fall der Planbeilagen, wo eine Georeferenzierung notwendig ist, hat das Auswirkungen, die berücksichtigt werden müssen, wie in Kapitel 4.5.1 beschrieben wird.

Eine derartige Behandlung ist bei den gesammelten Fotografien nicht notwendig, sie wurden mit einem Dokumentenscanner zu JPEG-Dateien digitalisiert.

4.2.2 Kategorisierung der digitalen und digitalisierten Daten

Tabelle 2: Aufstellung der einzelnen Daten nach Kategorie

Bezeichnung der Daten	Verfügbare Datenart	Quell-dateiformat	Georeferenziert? / Wenn nein, noch erforderlich?	Abgedeckte Zeit / Stand
Kategorie A - Vektordaten				
ALKIS-Hausumringe	Vektor	Shape	Ja	1835 – 2024 / Stand: 09/2024
ALKIS-NBA Daten	Vektor	NBA	Ja	1835 – 2024 / Stand: 2018 - 2024
DFK-Gebäude	Vektor	Shape	Ja	1835 – 2013 / Stand: 1996 - 2013
LoD2-Gebäudemodelle	Vektor	CityGML	Ja	1835 – 2024 / Stand: 09/2024
Kategorie B – Georeferenzierte Rasterdaten				
Uraufnahmeblatt	Raster	GeoTIFF	Ja	1835
DOP	Raster	GeoTIFF	Ja	2004 - 2021
Digitales Geländemodell	Raster	GeoTIFF	Ja	Stand: 09/2024
Historische Topographische Karten	Raster	GeoTIFF	Ja	1980 - 1997
Kategorie C – Nicht georeferenzierte Daten				
Messoperatte	Analog	-	Nein / Ja	1846 - 1905
Fortführungskarten	Raster	JPEG	Nein / Ja	1858 - 1979
Luftbilder	Raster	TIFF	Nein / Teilweise	1945 - 2023
Historische Topographische Karten	Raster	PDF	Nein / Ja	1936 - 1963
Kategorie D – Sonstige Daten				
Grundsteuerkataster	Analog	-	Nein / Nein	1835
Liquidationsplan	Raster	JPEG	Nein / Nein	1835
Fortführungsrisse	Raster	JPEG, PDF	Nein / Nein	1893 - 2024
Fotografien	Analog	JPEG, PNG	Nein / Nein	1899 - 1999
Sonstige Textquellen	Textform	-	Nein / Nein	1835 - 2024

In die **Kategorie A** zählen alle Daten, die digital und im Vektorformat und somit georeferenziert verfügbar sind. Dazu gehören die ALKIS-Hausumringe, die aus ALKIS ausgespielten NBA-Daten, Gebäudeflächen aus der Digitalen Flurkarte und die LoD2-Gebäudemodelle.

Zur **Kategorie B** gehören jene Daten, die digital, georeferenziert und im Rasterformat vorliegen, diese bedürfen keiner weiteren Verarbeitung. In diese Kategorie fallen das Uraufnahmeblatt, die Digitalen Orthophotos sowie das Digitale Geländemodell.

Eingeordnet in die **Kategorie C** werden Daten, die digital oder digitalisiert, nicht georeferenziert im Rasterformat vorliegen, wenn eine Georeferenzierung erforderlich ist. Diese Kriterien treffen auf die Messoperale, die Fortführungskartenblätter, die Luftbilder und einen Teil der Topographischen Karten zu.

In die **Kategorie D** fallen alle sonstigen Daten, die nicht in der ursprünglichen Form im GIS dargestellt werden, da es sich entweder dabei um Daten und in geschriebener Form, bzw. um Texte, um Fotografien oder um nicht maßstäbliche Zeichnungen handelt. Hierzu gehören die Fortführungsrisse, Textbeilagen zum Grundsteuerkataster, die Fotografien und sonstige Textquellen, wie Angaben zu Gebäudeabbrüchen im Heimatbuch der Gemeinde Edelsfeld oder in der örtlichen Tageszeitung.

4.3 Verarbeitung der Daten der Kategorie A

Kategorie A: Daten, die digital im Vektorformat und somit georeferenziert vorliegen.

4.3.1 Verarbeitung der Hausumringe

Die Hausumringe aus ALKIS enthalten unmittelbar nach dem Download aus dem OpenData-Portal nur das Attribut `ags`, das für den Amtlichen Gemeindeschlüssel steht. Diese Zahl lautet für die Gemeinde Edelsfeld 09371119. Die Hausumringe stehen in der Abgabereinheit Regierungsbezirk im Format Shape zur Verfügung, das bedeutet, die relevanten Hausumringe des Untersuchungsgebiets befinden sich in der Datei für die Oberpfalz. Die Aktualisierung des Datensatzes findet vierteljährlich statt, die Daten wurden im September 2024 abgerufen. (BVV, 2025c)

Die Verarbeitung erfolgt in QGIS. Die Hausumringe gehen als Layer `Hausumringe_2024` ein. Für die Modellierung ist zunächst ein Zuschnitt der Hausumringe mit dem Werkzeug *Zuschneiden* auf die Fläche des Untersuchungsgebiets, wie in Kapitel 2.8 beschrieben wird notwendig. Die Fläche des Untersuchungsgebiets wird über den Layer `Umring_Edelsfeld` repräsentiert und im Folgende so bezeichnet. Gemäß dem in Kapitel 5.2 definierten Datenmodell fehlen Attribute, die mithilfe des Werkzeugs zur Bearbeitung der Attributtabelle ergänzt werden. Die hinzugefügten Attribute finden sich als Spalten in der zugehörigen Attributtabelle wieder.

4.3.2 *Verarbeitung der NBA-Daten*

Die NBA-Daten werden aus ALKIS in drei Dateien ausgespielt. NBA-Daten lassen sich nur für den Zeitraum abrufen, ab dem Daten in UTM vorliegen. Dieser frühestmöglich abrufbare Stand ist vom 25.12.2018, dabei werden alle Gebäude exportiert. Bei der zweiten Datei werden die Differenzdaten, also alle Gebäude, die zwischen der ersten Datei und der dritten Datei mit dem Stand vom September 2024 entstanden, verändert oder weggefallen sind, ausgegeben.

Die NBA-Daten werden nicht weiterverarbeitet, sondern nur zur Wiederherstellung von Gebäuden benötigt, die nach der Digitalen Flurkarte, also nach 2013 erfasst wurden und vor 2024 wieder untergegangen sind. Dies betrifft im gesamten Modell zwei Gebäude. Die Koordinaten dieser Gebäude werden über FME ausgelesen und im Bedarfsfall händisch nach QGIS kopiert. FME (Feature Manipulation Engine) ist ein Softwarepaket, mit dem raumbezogene Daten in vielen verschiedenen Dateiformaten gelesen, verarbeitet und ausgegeben werden können (con terra GmbH, 2022, S. 59–60). Auch NBA-Daten können eingelesen und Koordinaten direkt abgegriffen werden.

4.3.3 *Verarbeitung der DFK-Gebäudedaten*

Für den Erhalt von Gebäudedaten aus der DFK ist, wie in Kapitel 3.1.5 beschrieben, ein Abruf aus dem QGIS-Plugin DFK-Archiv notwendig. Exportiert werden nur die Layer Gebäudeflächen und Gebäudedetails. Zwischen dem ältesten Stand der DFK vom 31.05.1996 um 23:00:00 Uhr (UTC) und dem jüngsten Stand von 31.03.2013 wird für jeden Monat, jeweils den 28., 29., 30., oder 31. eines Monats im 23:00:00 Uhr (UTC) die Digitale Flurkarte vom Archiv abgerufen. Nach dem Abruf werden die Layer mit dem Layer Umring_Edelsfeld auf die Fläche des Untersuchungsgebiets zugeschnitten und erhalten ein zusätzliches Attribut, das die zeitlichen Daten des Abrufs enthält, bevor sie in einen einzigen Layer exportiert werden. Dieser Layer wird mit QGIS vom Koordinatensystem Gauß-Krüger nach UTM transformiert. Nun können die DFK-Daten zur Modellierung eingesetzt werden. Zur Qualitätskontrolle der Transformation werden mit dem QGIS-Werkzeug *Messen* Spannmaße zwischen identischen Gebäudeecken aus der DFK und aus ALKIS gemessen. Die Lagedifferenz jener Gebäudeecken übersteigen 5 cm dabei nicht.

4.3.4 *Verarbeitung der 3D-Gebäudemodelle*

Zur Verarbeitung der 3D-Gebäudemodelle in ArcGIS ist eine Konvertierung des Formats CityGML notwendig. Eine Möglichkeit zur Konvertierung zum Dateiformat Shape bietet die bereits beschriebene Software FME. Mit FME Workbench werden die 3D-Gebäudedaten von CityGML nach Shape umgewandelt. Dabei entstehen mehrere eigenständige 3D-Shapedateien,

verwendet werden davon nur die Dateien Roof_Surface und Wall_Surface, die die Wände und Dächer der Gebäudemodelle repräsentieren und in die jeweiligen 3D-Layer Gebäude_2024_Roof und Gebäude_2024_Wall eingehen.

4.4 Verarbeitung der Daten der Kategorie B

Kategorie B: Daten, die digital, georeferenziert und im Rasterformat vorliegen.

Diese Daten bedürfen keiner weiteren Verarbeitung. Das Uraufnahmeblatt und die Digitalen Orthophotos gehen direkt in das Modell ein, bzw. werden direkt zur Erstellung der zweidimensionalen historischen Gebäude und Wege verwendet. Das Digitale Geländemodell findet erst im Zuge der 3D-Modellierung in ArcGIS Pro und später im fertigen 3D-Modell Verwendung.

4.5 Verarbeitung der Daten der Kategorie C

Kategorie C: Daten, die digital oder digitalisiert, nicht georeferenziert und im Rasterformat vorliegen, bei denen eine Georeferenzierung erforderlich ist.

4.5.1 Georeferenzierung

Zentrales Vorgehen in der Kategorie C ist die Georeferenzierung der Rasterdaten, die somit einen Bezug zu Koordinaten erhalten. Alle Georeferenzierungen im gesamten Arbeitsprozess werden mit dem Geo-Informationssystem QGIS bewerkstelligt. Die technischen Grundlagen der Georeferenzierung wurden bereits in Kapitel 2.4.6 dargelegt, das Zielkoordinatensystem ist dabei immer das amtliche Koordinatensystem UTM 32.

Das QGIS-Werkzeug dient dazu, einen Raumbezug zu Layern herzustellen, sodass diese an der vorgesehenen Position, in der richtigen Orientierung und im richtigen Maßstab in QGIS erscheinen. Eine Georeferenzierung ist beispielsweise bei Karten notwendig, die lediglich als Scan vorliegen. Als Produkt entstehen ein GeoTIFF oder eine World-Datei. Für diesen Vorgang bietet QGIS mehrere Transformationsalgorithmen, deren sinnvoller Einsatz von den Eingabedaten und deren Verzerrung abhängt. Zur Georeferenzierung sind Passpunkte notwendig, deren Koordinaten im Zielsystem bekannt sind und auf dem eingehenden Luftbild oder der eingehenden Karte identifizierbar sind. Diese Passpunkte werden in QGIS auch als GCP (engl.: Ground Control Points) bezeichnet, die Mindestanzahl hängt vom mathematischen Modell der verschiedenen Algorithmen ab. Wenn mehr Passpunkte definiert werden, als nach dem mathematischen Modell notwendig ist, wird die Georeferenzierung nach dem Prinzip der Ausgleichsrechnung so durchgeführt, dass der Restfehler minimal wird.

Mit dem Linearen Algorithmus ist lediglich eine Verschiebung und eine Maßstabsänderung

möglich, was für Flurkarten, die beispielsweise auch gedreht werden müssen, nicht genügt. Die Modi Projektiv und Thin Plate Spline kommen ebenfalls nicht in Frage, beim Thin Plate Spline wird die Eingabedatei entsprechend den gesetzten Passpunkten verformt, wodurch exakte geometrische Gegebenheiten zerstört werden. Mit einer *Helmert-Transformation* ist über die Möglichkeiten der Linearen Transformation hinaus auch eine Drehung möglich. Benötigt werden dafür mindestens 2 Passpunkte. Beim Modus *Polynomial 1* gelten die Bedingungen, dass Geraden nach der Transformation gerade und Parallelen parallel bleiben. Aus mathematischer Sicht handelt es sich dabei um eine affine Transformation, bei der das Eingabemedium auch geschert werden kann. Die Mindestanzahl der Passpunkte beträgt 3. Bei den Transformationsmethoden *Polynomial 2* und *Polynomial 3* bilden Polynome 2. und 3. Grades die mathematische Grundlage. Dadurch können auch gekrümmte Eingangsmedien entzerrt werden, jedoch können zum Rand hin auch starke Verzerrungen auftreten.

Für die Art der Neuabtastung, auch Resampling genannt, wird stets die Funktion *Nächster Nachbar* verwendet, damit die statistischen Daten des Rasters nicht verändert werden. (QGIS project, 2025)

Brauchbare Ergebnisse liefern nach Testversuchen die Algorithmen Helmert, Polynomial 1 und Polynomial 2, nicht verwendet werden hingegen die Modi Linear, Polynomial 3, Projektiv und Thin Plate Spline, da durch diese Modi übermäßig verzerrte Ergebnisse entstehen. Bei der Georeferenzierung der fotografierten Daten muss Rücksicht auf Schrägaufnahmen genommen werden. Bei schräg aufgenommenen Karten entstehen mit dem Transformationsmodus Polynomial 2 die besten Ergebnisse.

Alle Ergebnisse der Georeferenzierung werden einer Sichtprüfung unterzogen, dabei wird auf die Deckungsgleichheit von Objekten geachtet, die sich zum Bezugslayer nicht verändert haben. Für gleichartige Daten wird ein einheitlicher Bezugslayer verwendet, aus dem die Passpunkte per Mausklick abgegriffen werden und der als Referenz für das Ergebnis der Georeferenzierung gilt. Als Bezugslayer für die Fortführungskarten und Messoperete dient das Uraufnahmeblatt, alle Luftbilder werden am DOP21 referenziert, historische topographische Karten im Maßstab 1:25.000 an der aktuellen topographischen Karte. Für die Eingangsdaten der Kategorie C liegt nun ein Raumbezug vor, sie können jetzt für die Modellierung eingesetzt werden.

4.5.2 Generierung eines TrueDOPs

Aus den vier Luftbildern von 1952 kann aufgrund der hohen geometrischen Auflösung mittels Aerotriangulation ein TrueDOP hergestellt werden. Als Software wird dabei

Agisoft Metashape Professional eingesetzt. Der Ablauf der Aerotriangulation in Agisoft unterscheidet sich geringfügig vom Ablauf nach Luhmann, wie in Kapitel 2.7.1 beschrieben, und lautet wie folgt (Agisoft LLC, 2025, S. 67–72):

- Abgreifen von Passpunkten aus dem DOP von 2021 und aus dem Digitalen Oberflächenmodell an unveränderten Gebäuden, wie beispielsweise den Kirchen
- Zuweisen der Passpunkte zum entsprechenden Punkt im jeweiligen Bild
- Parameter der inneren Orientierung sind nicht verfügbar, sie müssen als Unbekannte in die Ausgleichung eingehen
- Alignment der Luftbilder
- Berechnung einer Punktwolke aus den orientierten Bildern
- Berechnung eines digitalen Oberflächenmodells aus der Punktwolke
- Berechnung eines Orthophotomosaics
- Eingabe des gewünschten Koordinatensystems
- Export des digitalen Oberflächenmodells und des TrueOrthophotos

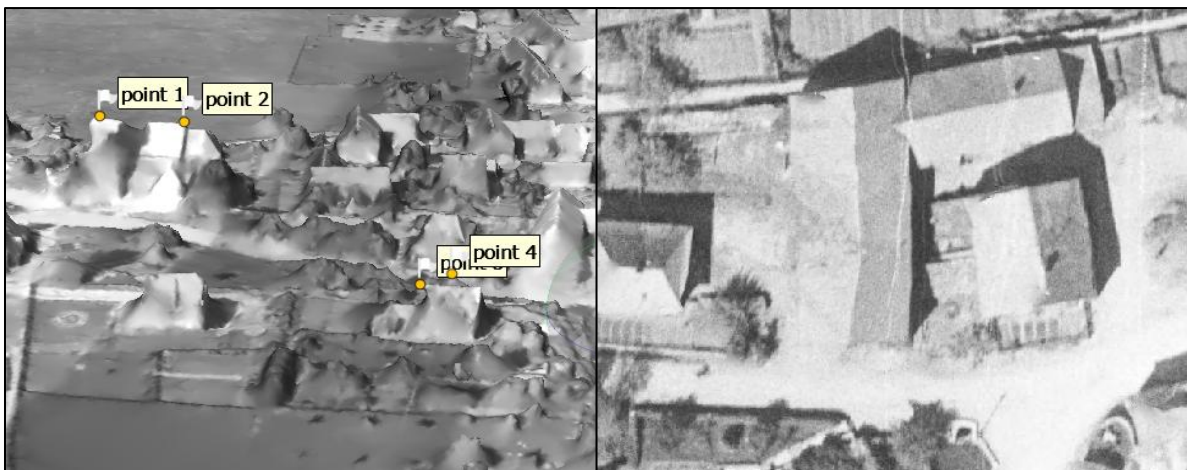


Abbildung 22: Links: Digitales Oberflächenmodell von 1952; Rechts: Digitales TrueOrthophoto (Eigene Darstellung mit Agisoft Metashape Professional, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung)

Das Ergebnis ist ein Digitales Oberflächenmodell und ein TrueOrthophoto mit einer Bodenpixelgröße von 10cm, wie in Abbildung 22 dargestellt wird. Trotz der hohen Pixelauflösung sind Fehler im Digitalen Geländemodell, wie ungenaue Höhenübergänge zu erkennen. Im Digitalen Orthophoto fällt auf, dass infolgedessen gerade Linien, wie Kanten an Dächern nicht gerade, sondern gekrümmt abgebildet werden. Ein besseres Ergebnis lässt sich möglicherweise mit Farb- statt Schwarz-Weiß-Bildern erzielen.

4.6 Verarbeitung der Daten der Kategorie D

Zur **Kategorie D** gehören sonstige Daten, die nicht in der ursprünglichen Form im GIS dargestellt werden.

In dieser Kategorie bedarf es keiner Weiterverarbeitung der Daten in einem Geo-Informationssystem. Den Beilagen des Grundsteuerkatasters werden lediglich historische Hausnummern samt den angegebenen Hausnamen, bzw. Berufsbezeichnungen entnommen und als Attribute bei der Modellierung eingefügt. Die Fortführungsrisse und Fotografien werden hinsichtlich ihres Inhalts interpretiert und die gewonnenen Informationen als zeitliche und räumliche Attribute verarbeitet. Hier genügt es, dass diese digitalisiert und falls bekannt mit dem Aufnahmedatum abgespeichert sind. Ebenso werden die sonstigen Sachinformationen zentral in Textform gesammelt, um später in Attributform in das Modell einzugehen.

5 Modellierung

In diesem Kapitel wird der Vorgang der Herstellung des 2D-Ortsmodells und des 3D-Ortsmodells beschrieben und Angaben zu einer möglichen Visualisierung dargelegt.

5.1 Vorüberlegungen und Modellierungsgrundsätze

Bevor ein Datenmodell definiert wird und die Modellierung beginnt, werden Vorüberlegungen angestellt und Modellierungsgrundsätze erläutert.

Hauptaugenmerk liegt auf der Darstellung und Dokumentation der historischen Entwicklung, nicht auf exakter geometrischer oder geodätischer Präzision. Daher sollen vorher keine Genauigkeitsgrenzen definiert werden. Betrachtungen zur erreichten Genauigkeit in Raum und Zeit sollen nach der Erstellung des Modells erfolgen und werden in Kapitel 6.3 aufgeführt.

5.1.1 Vorüberlegungen und Grundsätze zur räumlichen Komponente

Das temporale 2D-Ortsmodell soll primär zur Auskunft von Informationen dienen, das 3D-Ortsmodell aufgrund der erforderlichen Generalisierung hauptsächlich zur Darstellung.

Gebäude sollen Eingang in das temporale Ortsmodell finden, wenn sie in amtlichen Daten enthalten sind oder wenn ihre Grundfläche größer als 13 m² ist und dies in anderweitigen Unterlagen ersichtlich ist.

Zur Wiederherstellung eines untergegangenen digitalen Gebäudegrundrisses im 2D-Modell gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Abdigitalisieren aus georeferenzierten Katasterkarten, Luftbildern und Digitalen Orthophotos
- Rekonstruktion mit gemessenen Maßen aus Fortführungsrisen
- Kopieren eines Polygons aus den Datensätzen der Gebäude aus DFK und ALKIS

Bei den Gebäuden soll der Fokus auf der Historie eines Gebäudes liegen. Wenn der Grundriss eines Gebäudes durch einen Anbau verändert wird, soll nicht das ganze Objekt gelöscht und durch ein neues ersetzt werden, sondern der Anbau als neues, eigenes Objekt an das bestehende angefügt werden. Im Hinblick auf kopierte Polygone aus der DFK und aus ALKIS bedeutet das, dass Gebäude, die durch ein einziges Polygon repräsentiert werden und bei denen in der Vergangenheit Anbauten angefügt wurden, in ihre einzelnen Bestandteile zerlegt werden müssen.

Bei den Verkehrswegen soll mit einem Polygon die Fläche eines Weges von einer Seite des Weges zur anderen abgedeckt werden, Das OpenData-Produkt *Tatsächliche Nutzung* enthält zwar auch Verkehrswege, die Polygone der Straßen decken teilweise jedoch auch Böschungen mit ab und sind deswegen nicht geeignet.

Bei der Modellierung soll das Prinzip der Nachbarschaft berücksichtigt werden, das heißt die Lage eines Objekts soll vor allem im Bezug zu benachbarten Objekten definiert werden, z.B. über eine lokal eingepasste Georeferenzierung oder über gemessene Spannmaße aus Fortführungsrissen zu benachbarten Objekten.

Für den Fall unterschiedlicher Interpretationsmöglichkeiten und widersprüchlicher Aussagen von Datenquellen sollen diese priorisiert werden. Jüngere Quellen sollen Vorrang vor älteren haben. Kartenbeilagen der Messoperatate haben Vorrang vor den Fortführungskarten.

5.1.2 Vorüberlegungen und Grundsätze zur zeitlichen Komponente

Für die Darstellung der zeitlichen Komponente eines Objekts ist mindestens das Datum der Entstehung notwendig. Wenn bereits untergegangene Objekte dargestellt werden sollen, muss ein Objekt auch eine Lebensdauer oder ein Enddatum als Attribut eingetragen haben. Richtiger wäre ein Zeitraum als Entstehungszeitraum (Errichtungsphase), nicht nur ein Zeitpunkt, dieser Zeitraum wird im Modell aber zu einem Zeitpunkt vereinfacht.

Grundsätzlich existiert das Problem, dass die exakte Bauzeit und das Datum der Fertigstellung eines Gebäudes unbekannt sind und amtlich nicht dokumentiert werden. Bei der Entstehung eines Gebäudes im Liegenschaftskataster ist nur das Datum der Vermessung bekannt, ggf. wird in Fortführungsrissen ein tatsächliches Baujahr vermerkt. Da die Vermessung erst nach der Fertigstellung eines Gebäudes oder eines Verkehrsweges erfolgt, entsteht bei der Übernahme des Vermessungsdatums als Entstehungsdatum ein zeitlicher Fehler. Das Entstehungs- und Untergangsdatum wird auch als Attribut für Geoobjekte in der DFK und in ALKIS geführt. Diese Attribute lassen sich jedoch nicht auf ein reales Objekt übertragen, da bei der Änderung eines Objekts das alte untergehen kann, ohne dass das gesamte Objekt in der Realität untergeht.

Ein Objekt gilt im Folgenden als entstanden, wenn eine dieser Bedingungen erfüllt ist und dies aus einer Datenquelle hervorgeht:

- Wenn ein Gebäude oder ein Verkehrsweg zu seinem Zweck benutzt werden kann
- Wenn ein Gebäude oder ein Verkehrsweg die Form erreicht hat, mit der es die Landschaft prägt, z.B. bei Vollendung des Dachstuhls

Herstellung des zeitlichen Bezugs

Die Datenquelle zur Herstellung des räumlichen Bezugs und geometrischen Eigenschaften eines Geoobjekts muss nicht mit der des zeitlichen Bezugs übereinstimmen. Beispielsweise kann ein Gebäude in einem Fortführungsriß räumlich dokumentiert werden, vor der amtlichen Vermessung aber bereits über ein Luftbild oder eine Fotografie festgehalten worden sein.

Als zeitliches Attribut ist ein Datum, bestehend aus Tag, Monat und Jahr, als Eingabe erforderlich. Wenn eine zeitliche Angabe lediglich eine Jahreszahl enthält, muss zur Darstellung im Modell ein genaues Datum festgelegt werden, in diesem Fall wird die Mitte des Jahres (01.07.) festgesetzt, um den zeitlichen Fehler dadurch gering zu halten. Falls in einer Angabe der Monat und das Jahr enthalten sind, wird der 15. eines Monats festgehalten. Ähnlich wird bei der Angabe von Quartalen verfahren, manche älteren Fortführungsrisse aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts geben diese als Zeitraum zur Bauvollendung an. Zeitangaben zum ersten Quartal erhalten den 15.02. als festgesetzten Tag, Angaben zum zweiten Quartal den 15.05. und so weiter.

Allgemeine Methoden aus der Geodäsie wie das Mitteln zweier Messwerte lassen sich sinngemäß auf die zeitliche Modellierung übertragen. Zur Herstellung des zeitlichen Bezugs für ein Objekt wird das auf Zeitspannen angewendet. Ist beispielsweise ein Gebäude in einem Luftbild von 1963 noch nicht ersichtlich, im Luftbild von 1973 hingegen schon, wird der Mittelwert aus den beiden Aufnahmezeitpunkten gebildet, das Objekt erhält 1968 als Jahr des Entstehungsdatums.

5.2 Datenmodell

In einem Modell sollen komplexe Informationen der realen Welt vereinfacht und verallgemeinert abgebildet werden. Als Axiom gilt dabei, dass eine vollständige Abbildung der Wirklichkeit weder möglich noch sinnvoll ist. Bei dem Schritt der Modellierung werden, wie bei der Datenerfassung, Informationen vernachlässigt und verfälscht. Zur Festlegung der entsprechenden Eigenschaften von Geodaten beim Speichern und Verwalten in GIS ist ein vorher definiertes Datenmodell notwendig. Anders als in der Fachliteratur sollen temporale Eigenschaften hier weiterhin vernachlässigt werden, entsprechend werden beim Datenmodell nur geometrische, thematische und temporale Eigenschaften berücksichtigt. Im Datenmodell zur vorliegenden Arbeit wird hinsichtlich der Geometrie bei einem Objekt dessen Lage und die Fläche auf der Erde, die davon überdeckt wird und bei Gebäuden im dreidimensionalen Modell die Höhe und die Dachform im Vektorformat mittels Polygone, MultiSurfaces und Solids objektbasiert modelliert. Die thematischen Eigenschaften sind Gebäude und Verkehrswege, für

Gebäude werden deren Funktion sowie ggf. deren alte Hausnummer und der zugehörige Hausname modelliert. Darüber hinaus finden das Entstehungs-, das Vermessungs- und das Untergangsdatum als temporale Eigenschaften Einzug. (Brinkhoff, 2022, S. 83–87)

5.2.1 Datenmodell der Gebäude

Während der Modellierung soll zwischen Arbeits-Layern zur Bearbeitung und Modellierung und Modell-Layern als Teil des fertigen Produkts unterschieden werden. Insgesamt sollen bei der Modellierung sieben Layer als temporales Ortsmodell entstehen. Historische Gebäude, also alle Gebäude, die bereits untergegangen sind, sollen im Layer Gebäude_historisch modelliert werden. Gebäude, die zum Stichtag 01.09.2024 existieren, werden im Layer Gebäude_2024 repräsentiert, bzw. im dreidimensionalen Modell durch zwei Layer. Verkehrswege gehen als Layer Verkehrswege ein.

Tabelle 3: Verwendete Layer bei der Modellierung nach Gruppierung

Arbeits-Layer	Layer des 2D-Ortsmodells	Layer des 3D-Ortsmodells
- Hausumringe_2024	- Gebäude_2024	- Gebäude_2024_Roof
- GebäudeAbUraufnahme	- Gebäude_historisch	- Gebäude_2024_Wall
- Verkehrswege	- Verkehrswege	- Gebäude_historisch
		- Verkehrswege

Zunächst werden die Attribute der Gebäude-Layer beschrieben. Ein Teil der Attribute mit der entsprechenden Belegung der Werte werden von der Objektart Gebäude aus dem ALKIS-Objektartenkatalog übernommen (LDBV, 2024, S. 43–46). In den Klammern wird die Abkürzung eines Attributnamens im Datensatz und der Datentyp mit jeweiliger Abkürzung angegeben.

Die Attribute Gebäudefunktion (GFK, int), Name (NAM, string), Anzahl der oberirdischen Geschosse (AOG, int), Objekthöhe (HHO, double) und Dachform (DAF, int) werden der Objektart Gebäude aus dem ALKIS-Objektartenkatalog Bayern übernommen.

Nicht aus dem ALKIS-OK stammen die Attribute *Zustand der Beschaffenheit* (ZUS) (Geplant, beantragt oder im Bau), *Lage zur Erdoberfläche* (OFL) sowie Relationsarten und Qualitätsarten. Stattdessen werden zusätzlich *Identifikationsnummer* (id, int), *Vermessungsdatum* (VMD, date) und *Nachweis* (NWS, string) und *Bemerkung* (BEM, string 150) eingeführt.

Die *Identifikationsnummer* (id, int) ist eine modellweit eindeutige vierstellige Zahl, die aufsteigend an jedes einzelne Geoobjekt vergeben wird. Objekte des Layers GebäudeAbUraufnahme erhalten eine vierstellige ID beginnend mit 1000, die Identifikationsnummern der Objekte des Layers Hausumringe_2024 beginnen bei 2000.

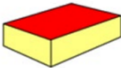
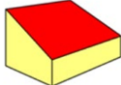
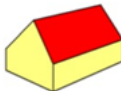
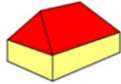
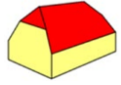


Das Attribut *Gebäudefunktion* (GFK, int) enthält, analog zum ALKIS-Objektartenkatalog, einen Wert, der für die jeweilige Funktion eines Gebäudes steht, z.B. Wohnhaus (1000) oder Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe (2000). Die Werte gehen aus Informationen aus Messoperaten und Fortführungsrissen hervor aber auch aus Luftbildern und Fotografien, wenn die Gebäudefunktion eindeutig daraus erkennbar ist. Garagen werden nur dann als solche attribuiert, wenn sie als solche im Nachweis betitelt werden. Im Layer Hausumringe_2024 und den daraus folgenden Layern wird nur die Attributart Wohnhaus (Wertart 1000) geführt. Folgende Werte und Gebäudefunktionen wurden in Attributen verwendet:

- Wohngebäude: 1000
- Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe: 2000
- Garage: 2463
- Kirche: 3041
- Kindergarten: 3065
- Feuerwehr: 3072

Mit dem Attribut *Name* (NAM, string) wird die Bezeichnung eines Gebäudes festgehalten, wie z.B. *Protestantische Schule*, das Feld dient aber auch zur Speicherung der historischen Hausnummern und Hausnamen, z.B. *35 Schreiner*.

Die 3D-Attribute *Anzahl der Obergeschosse* (AOG, int), *Objekthöhe* (HHO) und *Dachform* (DAF) sind nur für die dreidimensionale Modellierung relevant und sollen im fertigen Modell nicht enthalten sein. Wenn aus der Quellenlage keine Werte für dieses Felder abgeleitet werden können, werden wahrscheinliche fiktive Werte eingesetzt. Die Wertarten und die Darstellung der Dachformen richten sich nach dem ALKIS-Objektartenkatalog und der Kundeninformation LoD2, wie Tabelle 4 aufzeigt (LDBV, 2025i).

Tabelle 4: Aufstellung verwendeter Dachformen (Eigene Darstellung in Anlehnung an LDBV, 2025i, S. 10)

Bedeutung	Wert	Beispiel
Flachdach	1000	
Pultdach	2100	
Satteldach	3100	
Walmdach	3200	
Krüppelwalmdach	3300	
Mansardendach	3400	
Zeltdach	3500	

Die zeitlichen Attribute Vermessungsdatum (VMD), Entstehungsdatum (edat) und Untergangsdatum (udat) sorgen für den zeitlichen Bezug eines Objekts. Im Feld Vermessungsdatum wird das Datum eingetragen, an dem ein Objekt im Uraufnahmeblatt, in einem Messoperat oder in einem Fortführungsriß zum ersten Mal amtlich dokumentiert wird und somit im Sinne des Liegenschaftskatasters entsteht. Wenn die Existenz eines Objekts nur über Luftbilder gesichert ist, bleibt das Feld Vermessungsdatum leer. Mit den Daten der Felder Entstehungsdatum und Untergangsdatum wird ein Geoobjekt im GIS abhängig von der eingestellten Zeit angezeigt. Die beiden Daten sollen dem tatsächlichen Datum der Entstehung, bzw. des Untergangs möglichst nahekommen.

Das Attribut Nachweis (NWS, string) wird eigens definiert und für den Hinweis auf verwendete Datenquellen verwendet. Es besteht aus drei Teilen, welche durch ein Semikolon abgetrennt werden. Der erste Teil deckt den Nachweis zur Entstehung eines Objekts ab. Ein Objekt entsteht entweder durch die Errichtung (abgekürzt mit ERR) oder einen Umbau eines anderen Objekts (abgekürzt mit UMB). Der zweite Teil steht für den Untergang, entweder durch Abbruch (abgekürzt mit ABB) oder durch den Umbau in ein anderes Objekt. Im dritten Teil wird auf die Datenquelle zu den 3D-Attributen verwiesen. Die Feldbelegungen und Wertarten gehen aus Tabelle 5 hervor.

Tabelle 5: Belegung des Feldes zum Attribut Nachweis (NWS)

Teil des Feldes NWS:	Teil 1: Entstehung	Teil 2: Untergang	Teil 3: 3D-Modellierung
Einleitend:	ERR: oder UMB:	ABB: oder UMB:	LoD2:
Wertarten:	Uraufnahmeblatt: UAN Messoperat: OP Atlasblatt: AB Fortführungsriss: FR Luftbild: LB (Angabe mit Jahreszahl) Digitales Orthophoto: DOP (Angabe mit Jahreszahl) Fotografie: FG Heimatbuch der Gemeinde Edelsfeld: HGE Sulzbach-Rosenberger Zeitung: SRZ Buch Alte Hausnummern und Alte Hausnamen: AHAH Für fiktive Werte in Teil 3: fiktiv		

Beispiel: NWS: ERR: FR176, LB52, LB63; ABB: DOP13, DOP16; LoD2: FG1994

Erläuterung: Nachweis zur Errichtung aus Fortführungsriss mit der Nr. 176, zeitlicher Bezug über die Luftbilder aus den Jahren 1945 und 1952; Untergang durch Abbruch, erkennbar in den Digitalen Orthophotos der Jahre 2013 und 2016; Ermittlung der 3D-Attribute aus einer Fotografie aus dem Jahr 1994.

Die Arbeits-Layer führen alle Attribute wie beschrieben, für die Modell-Layer werden die Attribute Dachform (DAF), Objekthöhe (HHO) und Anzahl oberirdische Geschosse (AOG) entfernt.

5.2.2 Datenmodell der Verkehrswege

Das Datenmodell für den Layer Verkehrswege enthält lediglich untenstehende Attribute. Sie orientieren sich nicht an einem Objektartenkatalog. Die Vorgehensweise bei der Belegung der Attribute geschieht analog zu den gleichnamigen im Datenmodell der Gebäude, die Identifikationsnummern beginnen bei 5000.

- Identifikationsnummer: id (int)
- Entstehungsdatum: edat (date)
- Untergangsdatum: udat (date)
- Vermessungsdatum: VMD (date)
- Name: Name (string)
- Nachweis: NWS (string)

5.3 2D-Modellierung mit QGIS

Zu Beginn der zweidimensionalen Modellierung müssen alle benötigten Dateien in das QGIS-Projekt geladen werden.

Zweidimensionale Gebäudemodellierung

Im ersten Schritt werden Informationen wie das Vermessungsdatum, die Gebädefunktion und ggf. Hinweise zum Baudatum aus Fortführungsrisen in die Attribute des entsprechenden Objektes *VMD*, *GFK*, *edat* und *udat* im Layer *Hausumringe_2024* übertragen, dabei wird auch das Attribut *NWS* geführt. Der Layer geht aus dem Datensatz der Hausumringe hervor. Bei Anbauten, die mit dem ursprünglichen Gebäude verschmolzen sind, werden einzelne Polygone mit dem QGIS-Werkzeug *Objekte zerteilen* anhand der Maße aus den Fortführungsrisen in die einzelnen Teile zerlegt.

Im zweiten Schritt geschieht die Rekonstruktion der Gebäude im Layer *GebäudeAbUraufnahme*, entweder durch Abdigitalisieren aus dem Uraufnahmeblatt, den Messoperaten, Luftbildern und Orthophotos oder durch Maße aus Fortführungsrisen, bzw. Wiederherstellung aus den Datensätzen der Digitalen Flurkarte und von ALKIS, mit entsprechendem Füllen der Attribute.

Der dritte Schritt besteht aus dem Abgleichen der bisher erfassten Gebäude und Attribute mit Luftbildern und Fotografien, der anschließenden Korrektur der Zeitdaten und dem Befüllen der 3D-Attribute. Die Ableitung der 3D-Attribute aus Fotografien erfolgt wie in Kapitel 2.7.1 beschrieben, Möglichkeiten zur Ableitung aus Luftbildern sind durch den Abgleich mit benachbarten Gebäuden, den Schattenwurf und durch Schrägaufnahmen gegeben. Übrige Gebäude, für die weder aus Luftbildern noch aus anderweitigen Fotografien dreidimensionale Attribute hervorgehen, erhalten fiktive 3D-Attribute, die beispielsweise durch die Gebädefunktion geschätzt werden. Als Dachform liegt hierbei das Satteldach nahe.

Im vierten Schritt werden die gewonnenen Arbeits-Layer durch Anpassen der Attribute in Modell-Layer umgewandelt und können nun exportiert werden. Vorher erfolgt noch die Generierung der Identifikationsnummern für die Arbeits-Layer. Aus *Hausumringe_2024* geht der Modell-Layer *Gebäude_2024*, aus *GebäudeAbUraufnahme* der Modell-Layer *Gebäude_historisch* hervor.

Der fünfte Schritt dient der Vorbereitung zur dreidimensionalen Modellierung. Dazu gehört das Übertragen aller Attribute des 2D-Layers *Gebäude_2024* auf die dreidimensionalen Layer *Gebäude_2024_Roof* und *Gebäude_2024_Wall*. Mit dem QGIS-Werkzeug *Attribute nach*

Position verknüpfen werden identische Objekte aus den Layern Gebäude_2024 und Gebäude_2024_Roof nach ihrer Lage verknüpft und die Attribute vom einen Layer zum anderen übertragen. Das QGIS-Werkzeug *Attribute nach Feldwert verknüpfen* erlaubt nun die Übertragung der Attribute von den 3D-Dächern im Layer Gebäude_2024_Roof zu den zugehörigen 3D-Wänden im Layer Gebäude_2024_Wall über das aus der Konvertierung übrig gebliebene Feld *gml_parent*.

Modellierung der Verkehrswege

Die Verkehrswege werden durch Abdigitalisieren aus dem Uraufnahmeblatt, aus georeferenzierten Messoperaten, Luftbildern und Digitalen Orthophotos und daher mit nachrangiger Genauigkeit modelliert. Zweidimensionale Layer wie der Layer Verkehrswege werden im 3D-Modell nicht mehr verändert und erhalten die Höhenkomponente direkt in ArcGIS durch Anpassung an das Digitale Geländemodell.

Einpflegen der Hintergrundkarten

Damit das Uraufnahmeblatt, die historischen topographischen Karten und die Orthophotos zur richtigen Zeitspanne im Modell erscheinen, müssen diesen Hintergrundkarten Zeitwerte separat in den Einstellungen zum jeweiligen Layern im GIS zugewiesen werden. Da es sich dabei ausschließlich um Rasterdaten handelt, ist eine zeitliche Darstellung nach Attributen nicht möglich. Jeder einzelnen Hintergrundkarte wird ein Zeitraum bis zur Ablösung durch eine nachfolgende Karte zugeteilt. Zur öffentlichen Präsentation können nur Daten verwendet werden, die Teil des OpenData-Angebots sind und mit entsprechenden Nutzungsrechten verknüpft sind. Wie der Layer Verkehrswege werden auch die Hintergrundkarten im dreidimensionalen Modell an die Höhen aus dem Digitalen Geländemodell angepasst

Probleme und Fehlerquellen bei der zweidimensionalen Modellierung

Fehlende Katasternachweise, unklare Informationen in Dokumenten zu Kriegsschäden zum zweiten Weltkrieg und die katastertechnische Ortsneuvermessung im Jahr 1981 sind Grund für Probleme.

Fehlende Katasternachweise lassen sich durch fotografische Aufnahmen kompensieren. Eine mögliche Dunkelziffer zu Objekten in der Realität, die existiert haben aber in der gesamten Datengrundlage nicht ersichtlich sind, kann nur vermutet werden.

Dadurch, dass sich Angaben zu Gebäuden, die aufgrund Kriegsschäden untergegangen sind, nicht immer zweifelsfrei eindeutig auf bestimmte Gebäude beziehen lassen, werden nur eindeutig beschriebene Gebäude entsprechend attribuiert.

Eine weitere Herausforderung stellt die Ortsneuvermessung vom Jahr 1981 dar, die aus den Fortführungsrisen hervorgeht. Im Zuge dieser Neuvermessung wurden viele Gebäude zum ersten Mal amtlich dokumentiert, die in den Jahrzehnten davor aus unbekanntem Gründen nicht eingemessen wurden. Für die betroffenen Gebäude muss daher verstärkt auf Luftbilder und Fotografien als zeitliche Datenquellen zurückgegriffen werden.

Potenzielle Fehlerquellen im Modell sind falsche Angaben im Datenmaterial, die nicht überprüft werden können, sowie eine falsche Interpretation des Datenmaterials, etwa bei einer falschen Interpretation des Luftbilds oder bei der Zuordnung von Werten zu einem falschen Objekt. Darüber hinaus können Fehler auch bei uneindeutigen und widersprüchlichen Angaben im Datenmaterial entstehen.

5.4 3D-Modellierung mit ArcGIS Pro

Die dreidimensionale Modellierung beginnt nach der Fertigstellung des zweidimensionalen Modells. Die zur Modellierung in ArcGIS Pro eingehenden Daten sind das Digitale Geländemodell, die 3D-Gebäudemodelle und alle Layer des 2D-Ortsmodells. Dreidimensional modelliert werden nur Gebäude, die bereits erstellten zweidimensionalen Modelle der Verkehrswege werden über das Digitale Geländemodell an das dreidimensionale Gelände und den entsprechenden Höhen angepasst.

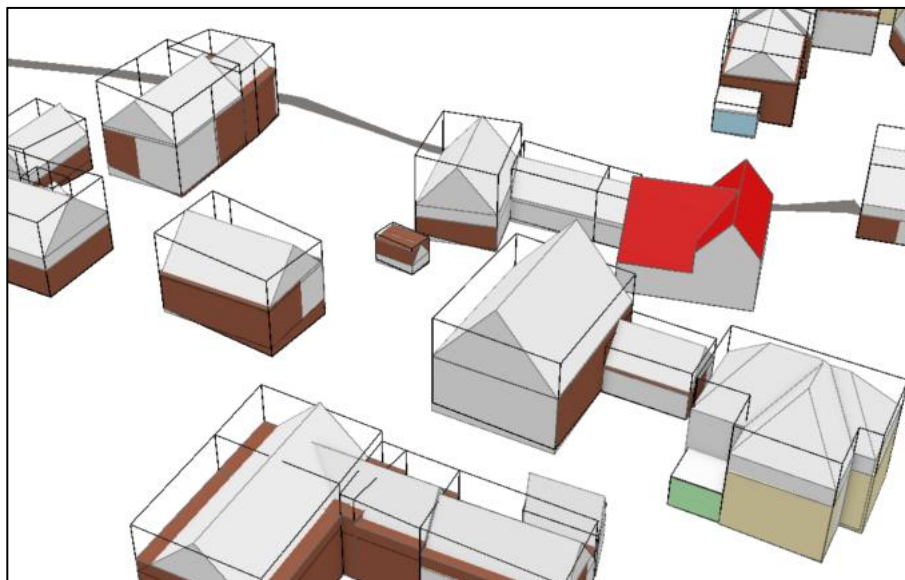


Abbildung 23: 3D-Modellierung in ArcGIS (Eigene Darstellung mit ArcGIS Pro, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung)

Zu den Vorarbeiten gehört das Duplizieren des 2D-Layers GebäudeAbUraufnahme, dadurch entstehen zwei temporäre Arbeits-Layer. Ein Layer wird anhand der Attribute Objekthöhe so symbolisiert, dass dreidimensionale Objekte angezeigt werden, die in ihren Grundflächen den

Gebäudegrundrissen und in ihren Höhen den eingetragenen Objekthöhen entsprechen. Der andere temporäre Layer wird so symbolisiert, dass die Grundflächen ebenfalls mit den 2D-Grundflächen übereinstimmen, die Höhe entspricht dem 3,5 m-fachen der Anzahl der oberirdischen Geschosse unterhalb des Daches. Dieser zweite Layer wird farblich nach dem Wert der Dachform symbolisiert. Beide Layer sind in Abbildung 23 erkennbar.

Auf Basis dieser zwei temporären Arbeits-Layer erfolgt die eigentliche dreidimensionale Modellierung der einzelnen Gebäude durch Abdigitalisieren des Grundrisses, Extrudieren („Hochziehen“) des Grundrisses in die dritte Dimension auf Stockwerkhöhe und abschließend Modellieren der Dachform. Als Standard-Dachformen stehen in ArcGIS Pro die Dachformen Flachdach, Satteldach, Walmdach, Mansardendach, Kuppeldach zur Verfügung, mit welchen durch individuelle Anpassung auch weitere Dachformen, die im Datenmodell festgelegt wurden, erstellt werden können. Im Anschluss werden die Attribute über das ArcGIS-Werkzeug *Attribute übertragen* auf das neu erstellte Gebäude übertragen.

Darüber hinaus ist ein Überarbeiten des gesamten dreidimensionalen Modells notwendig, dazu gehört das Entfernen nicht benötigter Attribute, sodass das festgelegte Datenmodell eingehalten wird. Weiter müssen vereinzelt die zeitlichen Werte von Attributen in den Layern Gebäude_2024_Roof und Gebäude_2024_Wall korrigiert werden, wenn Fehler bei der Übertragung der Attribute festgestellt werden und ein Gebäude somit zu manchen Zeitpunkten unvollständig erscheint.

Probleme bei der dreidimensionalen Modellierung

Wie bei den Hausumringen werden bei den 3D-Gebäudemodellen der BVV Anbauten nicht als eigenständige Objekte erfasst, sondern verschmelzen mit dem ursprünglichen Objekt. Das führt zu Fehlern bei der Darstellung, da durch die Übertragung der Attribute teilweise Dächer mit den richtigen zeitlichen Attributen versehen sind, während durchgängige Wände für ein Objekt über andere zeitliche Daten verfügen als die zugehörigen Dächer. Die Lösung ist dabei entweder, dass Anbauten mit der Entstehung des früheren Gebäudes im Modell angezeigt werden, wenn sie nicht das Erscheinungsbild des Gebäudes dominieren, alternativ müssen einzelner Wände nachmodelliert werden.

Ein grundsätzliches Problem, das nicht vollständig gelöst werden kann, ist, dass Höhenveränderungen bei Gebäuden von amtlicher Seite in Fortführungsrissen nicht dokumentiert sind. Dadurch kann es vorkommen, dass Gebäude im dreidimensionalen Modell

trotz einer Veränderung in der Höhe und der Dachform unverändert dargestellt werden. Abhilfe schaffen dabei nur fotografische Daten.

5.5 Visualisierung des Modells

5.5.1 Visualisierung mit ArcGIS Online

Zunächst müssen alle zu präsentierenden Daten in die Plattform ArcGIS Online hochgeladen und die Zeiteigenschaften für die einzelnen Datensätze aktiviert werden, sodass eine zeitabhängige Darstellung möglich ist.

Zu den hochzuladenden Daten zählen folgende Layer:

- Für das zweidimensionale Ortsmodell:
 - Gebäude_2024
 - Gebäude_historisch (in 2D)
 - Verkehrswege
 - Hintergrundkarten: Uraufnahmeblatt, Historische Topographische Karten (1936 – 1997), Digitale Orthophotos (2001 – 2021)
- Für das dreidimensionale Ortsmodell:
 - Gebäude_2024_Wall und
 - Gebäude_2024_Roof
 - Gebäude_historisch in 3D
 - Verkehrswege
 - Digitales Geländemodell
 - Hintergrundkarten: Uraufnahmeblatt, Historische Topographische Karten (1936 – 1997), Digitale Orthophotos (2001 – 2021)

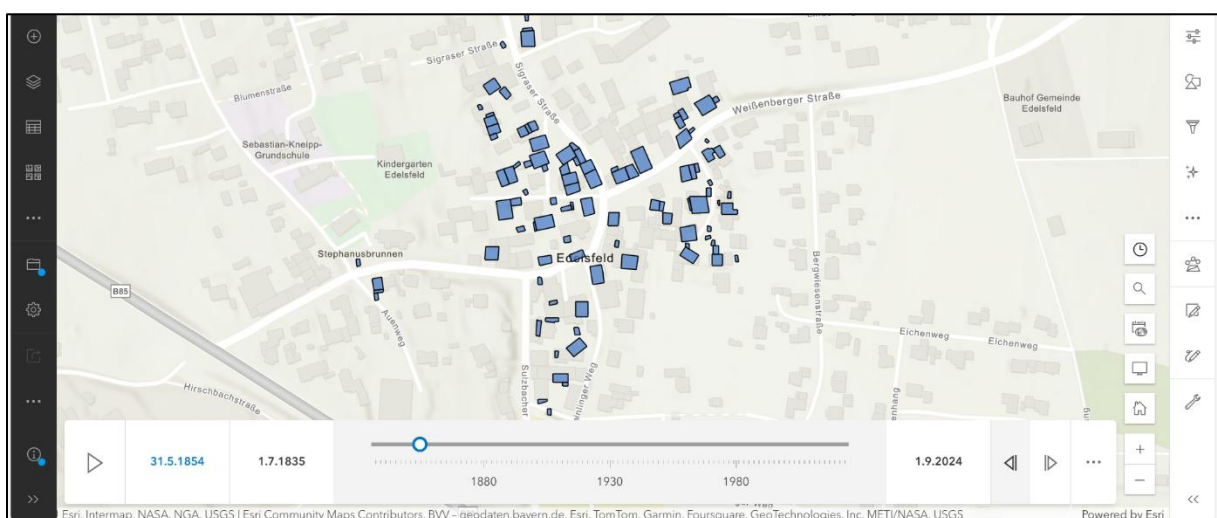


Abbildung 24: Der Layer Gebäude_historisch zum Zeitpunkt 31.05.1854 im MapViewer auf der Plattform ArcGIS Online (Eigene Darstellung mit ArcGIS Online, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung)

Die zweidimensionale Visualisierung ist über den sogenannten MapViewer möglich, alle hochgeladenen Layer werden dort hineingeladen. Im MapViewer lässt sich auch ein Zeitstrahl zur Anpassung des Modells nach der Zeit aktivieren. Abbildung 24 zeigt den Layer Gebäude_historisch im 2D-Modell auf der Plattform ArcGIS Online mit Zeitschieberegler. Da die Nutzungsrechte der amtlichen Geodaten eingehalten werden müssen, ist zudem eine Quellenangabe erforderlich. Über einen Link können Interessierte nun auf die Ortsmodelle zugreifen. Die dreidimensionale Visualisierung ist über die ArcGIS Online-Anwendung SceneViewer mit ähnlicher Vorgehensweise möglich.

5.5.2 Weitere Möglichkeiten der Visualisierung

Eine andere Möglichkeit der Modellvisualisierung bietet ein Video. Mit QGIS können einzelne Bildausschnitte der verschiedenen Zeitstufen als Einzelbilder exportiert und mit einer anderen Software zu einem Video zusammengefügt werden. ArcGIS Pro erlaubt eine direkte Videoerstellung mit der Software selbst, bei der auch die Kameraführung im dreidimensionalen Raum individuell angepasst werden kann.

5.6 Zwischenfazit

In diesem Zwischenfazit soll ein Teil der Leitfragen beantwortet werden.

Zu Leitfrage 1, ob sich Gebäude und Verkehrswege von Edelsfeld in einem Zeitraum 1835 bis 2024 mit Unterlagen der Bayerischen Vermessungsverwaltung in einem digitalen Ortsmodell rekonstruieren lassen und wenn ja, wie modellieren und visualisieren:

Eine Rekonstruktion ist mit den Unterlagen der BVV zumindest für den zweidimensionalen Teil des Modells, also für Gebäudegrundrisse und Verkehrswege, möglich, wie aus dem erstellten temporalen Ortsmodell hervorgeht. Dreidimensional können Gebäude mit der Datengrundlage der BVV nur modelliert werden, wenn sie Teil der amtlichen 3D-Gebäudemodelle sind und folglich noch existieren oder in einem Luftbild erkenntlich sind, auf dem eine Fassade des Gebäudes zu erkennen ist. Möglichkeiten zur geeigneten Modellierung und Visualisierung bieten Geo-Informationssysteme.

Zu Leitfrage 2, wie Fotografien und schriftliche Aufzeichnungen von nichtamtlicher Seite die Rekonstruktion unterstützen können:

Fotografien und weitere, nichtamtliche Aufzeichnungen unterstützen die Rekonstruktion bei der Herstellung des zeitlichen Bezugs von Objekten. Für manche untergegangenen Gebäude existieren in den amtlichen Daten keine LoD2-Informationen. Damit auch diese im 3D-Modell dargestellt werden können, lassen sich aus Fotografien Attribute zur 3D-Modellierung ableiten. Trotzdem bleiben noch Gebäude übrig, deren Grundriss bekannt, deren dreidimensionale Form aber unbekannt ist. Für diese Gebäude müssen realistische und sinnvolle Werte für die 3D-Modellierung geschätzt werden.

Zur Leitfrage 8, wie das Ergebnis der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden kann: Offene Geodaten, die Teil des OpenData-Angebots der Bayerischen Vermessungsverwaltung sind dürfen öffentlich ausgestellt werden. Das digitale temporale Ortsmodell soll über die Online-Plattform ArcGIS Online und in Videoform über die Internetseite der Gemeinde Edelsfeld öffentlich verfügbar gemacht werden.

6 Ergebnis

6.1 Zusammenstellung der Ergebnisdaten

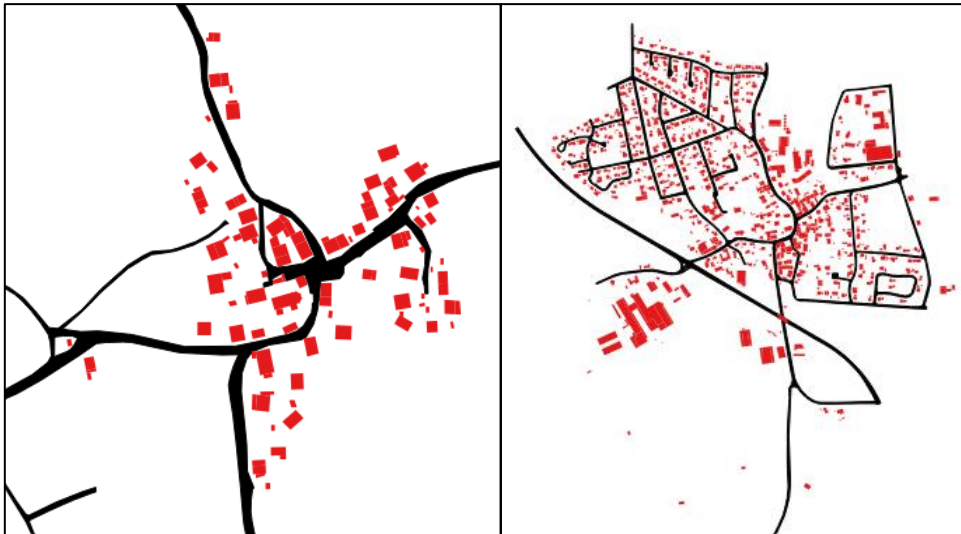


Abbildung 25: Ausschnitt aus dem zweidimensionalen temporalen Ortsmodell zum Zeitpunkt 01.07.1835 (links) und zum Zeitpunkt 01.09.2024 (rechts) (Eigene Darstellung, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung)

Abbildung 25 zeigt Ausschnitte aus dem temporalen 2D-Ortsmodell zum Beginn und zum Ende des Untersuchungszeitraums, darin lässt sich ein großer Zuwachs an Gebäuden erkennen. Auch das Netz der Verkehrswege hat sich vergrößert.

Durch die Auswertung der Daten können insgesamt rekonstruiert werden:

- 415 historische Gebäude mit ihrem Grundriss und Höhe samt Dachform, davon
 - o 249 mit quellenbasierten 3D-Attributen
 - o 166 mit fiktiven 3D-Attributen
- 1362 Gebäude mit zeitlicher Attribuierung, die zum Stichtag 01.09.2024 existieren
- 79 Polygone, mit zeitlichen Attributen, die das Netz der Verkehrswege repräsentieren

6.2 Übertragbarkeit auf Ortslagen in Bayern

Ob ein historisches Ortsmodell für eine Ortslage realisierbar ist, hängt von der Datengrundlage ab. Alle Daten, die zur Produktion des zweidimensionalen Modells notwendig sind, stammen von der Bayerischen Vermessungsverwaltung, davon sind die Uraufnahmeblätter, die Hausumringe sowie die Luftbilder und DOPs als offizielle Produkte der BVV flächendeckend für ganz Bayern auch online verfügbar. Ein anderer Teil wird durch die ÄDBV verwaltet und offiziell nicht, oder nur unter gesonderten Bedingungen, abgegeben. Dazu zählen die Messoperale, die Fortführungskarten und die DFK-Gebäudedaten. Aufgrund der Tatsache, dass

zur jeweiligen Zeit die Erfassung in ganz Bayern einheitlich koordiniert wurde und wird, liegt die flächendeckende Verfügbarkeit dieser Daten nahe. Voraussetzung dafür ist, dass vor allem historische Unterlagen nicht verloren gegangen sind. Mittels Fotografien und schriftlichen Aufzeichnungen können zeitliche Daten zu Gebäuden und Verkehrswegen ergänzt werden. Die dreidimensionale Modellierung ist für historische Gebäude nur durch Fotografien möglich. Der Bestand ist für jeden Ort unterschiedlich. Daraus folgt, dass die Erkenntnisse aus der Rekonstruktion und Modellierung für Edelsfeld grundsätzlich auf Ortslagen in Bayern übertragen werden können. Im zweidimensionalen Bereich ist hinsichtlich Vollständigkeit und Genauigkeit aufgrund einer erwartbaren ähnlichen Datenlage ein ähnliches Ergebnis wahrscheinlich. Das Ergebnis der dreidimensionalen Modellierung hängt hingegen von den verfügbaren Fotografien eines Ortes ab.

6.3 Genauigkeitsbetrachtungen und Validierung

Zur Betrachtung der Genauigkeit und zur Validierung des temporalen Ortsmodells geschieht eine statistische Auswertung der Ergebnisdaten und der Attributtabelle der Ergebnislayer mit Microsoft Excel. Mit Excel ist jedoch eine Verarbeitung von Datumsangaben, die vor dem 01.01.1900 liegen, nicht möglich. Daher wird eine Additionskonstante von 146097 Tagen (400 Jahre) an alle Datumswerte angebracht. Weitere Angaben zur statistischen Auswertung befinden sich im zugehörigen Excel-Dokument, auf das mit Anhang B verwiesen wird. Verkehrswege werden lediglich aus Luftbildern und Flurkarten grob abdigitalisiert und daher bei der Genauigkeitsbetrachtung nicht berücksichtigt.

6.3.1 Genauigkeit der Lage und Höhe

Ein Genauigkeitsmaß für abdigitalisierte rekonstruierte Objekte aus georeferenzierten Flurkarten wird über berechnete Standardabweichungen erzeugt.

Wie in Kapitel 2.5.4 erwähnt wird, beläuft sich der mittlere Punktfehler für die bayerischen Flurkarten, die zwischen 1826 – 1864 hergestellt wurden nach Bosch (1964, S. 75) zwischen $\pm 0,5$ m - $\pm 1,8$ m. Diese Angabe bezieht sich nur auf Flurkarten eines bestimmten Zeitraums, weiterführend wird eine Genauigkeit dieser Größenordnung auch für die Planbeilagen der Messoperale und für spätere Flurkarten angenommen.

Fehler der Smartphonekamera, wie z.B. Bildverzerrungen werden über den Fehler der Georeferenzierung berücksichtigt. Aus den statistischen Auswertungen ergibt sich als Genauigkeitsmaß für die Koordinate eines digitalisierten Gebäudes:

- eine durchschnittliche Standardabweichung einer Georeferenzierung von 0,5 m

- eine Standardabweichung eines Mausklicks beim Abdigitalisieren von Katasterdaten von 0,1 m

Ein Genauigkeitsmaß ergibt sich aus den Komponenten *Punktfehler in Karten* nach Bosch, *Standardabweichung der Georeferenzierung* und *Standardabweichung eines Mausklicks*. Der Betrag des maximalen Fehlers aus der Summe der Einzelstandardabweichungen liegt in einem Bereich von 1,1 m – 2,4 m, der Betrag des mittleren absoluten Fehlers aus der Wurzel der Quadratsummen liegt in einem Bereich von 0,7 m – 1,9 m.

Für Objekte, die aus den Maßzahlen von Fortführungsrisen rekonstruiert werden, wird ein Genauigkeitsmaß abgeschätzt. Die Maßzahlen entstammen meist Messungen mit dem Maßband mit möglichen Standardabweichungen im Bereich 0,1 m – 0,2 m. Manche Gebäude werden aus mehreren gestaffelten Maßen rekonstruiert, es lässt sich eine Standardabweichung für die relative Lage von Gebäudeecken im Meterbereich schätzen. Bei den Maßen aus den Fortführungsrisen handelt es sich um Strecken auf der Erdoberfläche, die zur Modellierung im GIS auf die UTM-Strecke reduziert werden müssen. Aus der Eingabe von Koordinatenwerten und der mittleren Normalhöhe für das Untersuchungsgebiet auf der Internetseite zu den *Baufachlichen Richtlinien Vermessung* geht hervor, dass bei einer Strecke von 500 m in der Realität die UTM-Strecke lediglich um 1,1 cm abweicht (Bundesanstalt für Immobilienaufgaben, 2025). Daher wird das Anbringen eines UTM-Maßstabs an gemessene Strecken vernachlässigt.

Für Gebäudedaten, die in ihrer Lage unverändert, bzw. bis auf Teilungen unverändert in das Modell eingehen und direkt von der Bayerischen Vermessungsverwaltung stammen, gilt die für die jeweiligen Datensätze angegebene Genauigkeit. Dies betrifft die Hausumringe sowie die 3D-Gebäudemodelle, deren Lagegenauigkeit mit wenigen Zentimetern angegeben wird. (LDBV, 2025m)

Die Lagegenauigkeit der Gebäude, die aus der Digitalen Flurkarte rekonstruierten wurden, lässt sich aufgrund der Ähnlichkeit zu den Daten aus ALKIS bei der Herstellung ebenfalls im Zentimeterbereich angeben.

Für die Höhe der amtlichen Gebäudemodelle wird eine Genauigkeit von einem Meter angegeben. (LDBV, 2025a). Die Genauigkeit der Höhe aus Dachabschätzungen aus Luftbildern und Fotografien kann mangels Vergleichswerte nicht berechnet, sondern grob mit einer Größenordnung von 2 m angenommen werden. Für Gebäudemodelle mit fiktiv angenommenen Attributen ist eine Genauigkeitsbetrachtung nicht sinnvoll.

6.3.2 Genauigkeit der Zeit

Durch die Vernachlässigung der Bau-, Umbau- und Abrisszeit eines Objekts entstehen unvermeidliche Fehler in der Zeit. Eine allgemeingültige Angabe der Genauigkeit der Zeit für alle Objekte ist aufgrund der heterogenen Datengrundlage nur schwer möglich.

Für die Gebäude, deren zeitlicher Bezug von den Luftbildern abhängt, kann eine grundsätzliche Angabe zur zeitlichen Genauigkeit über den zeitlichen Abstand von Luftbildaufnahmen hergeleitet werden. Durch das Mitteln der Zeitpunkte der Aufnahme liegt ein zeitlicher Fehler bei der Hälfte des Abstandes der Aufnahmezeitpunkte, Tabelle 6 zeigt eine Aufstellung der zeitlichen Abstände und möglichen maximalen zeitlichen Fehlern.

Tabelle 6: Zeiträume zu Luftbildern und Orthophotos und abgeleitete zeitliche Genauigkeitsmaße

Datum des letzten Luftbilds / DOPs, in dem ein Objekt noch nicht erkennbar ist	Datum des ersten Luftbilds / DOPs, in dem ein Objekt erkennbar ist	Zeitlicher Abstand in Jahren	Daraus resultierende maximale zeitliche Fehler in Jahren
06.08.1945	18.05.1952	7	3,5
18.05.1952	27.06.1963	11	5,5
27.06.1963	26.10.1973	10	5
26.10.1973	18.07.1983	10	5
18.07.1983	27.10.1988	5	2,5
27.10.1988	03.09.1991	3	1,5
03.09.1991	04.07.1999	8	4
04.07.1999	21.05.2001	2	1
21.05.2001	30.07.2004	3	1,5
30.07.2004	02.05.2007	3	1,5
02.05.2007	29.06.2010	3	1,5
29.06.2010	16.07.2013	3	1,5
16.07.2013	24.06.2016	3	1,5
24.06.2016	28.05.2017	1	0,5
28.05.2017	15.08.2021	4	2
15.08.2021	16.09.2023	2	1

Darüber hinaus ergibt sich aus der statistischen Auswertung über den gesamten Modellzeitraum ein mittlerer zeitlicher Unterschied zwischen Entstehungsdatum und Vermessungsdatum für 1752 Gebäude, bei denen ein Vermessungsdatum eingetragen ist. Dieser mittlere Zeitabstand beträgt insgesamt 3,23 Jahre und bei 466 Gebäuden, bei denen das Entstehungsdatum ungleich dem Vermessungsdatum ist, 12,6 Jahre.

6.3.3 Vergleich mit Amtlichen Ortsverzeichnissen

Die Anzahl der Wohngebäude aus dem Amtlichen Ortsverzeichnis erlaubt eine Überprüfung der Anzahl aus dem Ortsmodell und somit eine grobe Validierung des Ortsmodells hinsichtlich der Gebäude, die entsprechenden Werte werden in Tabelle 7 aufgezeigt. Beide Zahlenreihen sind zum jeweiligen Zeitpunkt betragsmäßig nahezu gleich, die größte Abweichung während eines Standes beträgt 3. Eine mögliche Erklärung für die Unterschiede ist neben falscher Zeitdaten für ein Gebäude die Tatsache, dass aus den Ortsverzeichnissen nicht hervorgeht, ob Schulen, in denen auch Wohnungen untergebracht waren, als Wohngebäude mitgezählt werden. Insgesamt spricht die weitgehende Übereinstimmung der Zahlenreihen für die Richtigkeit des Ortsmodells.

Tabelle 7: Aufstellung der Einwohnerzahlen und Gebäudezahlen von Edelsfeld aus den Amtlichen Ortsverzeichnissen und dem Ortsmodell von Edelsfeld

Datum der Volkszählung	Anzahl der Einwohner	Anzahl der Wohngebäude	Anzahl der Wohngebäude im Modell	Quotient: Einwohner pro Wohngebäude
01.12.1875	198	77 (*1)	33	6,0 (*2)
01.12.1885	205	35	35	5,9
01.12.1900	244	37	36	6,6
16.06.1925	212	42	39	5,0
13.09.1950	368	47	44	7,8
06.06.1961	333	68	67	4,9
27.05.1970	489	keine Angabe	103	4,7 (*2)
25.05.1987	550	147 Geb. mit Wohnraum, 192 Wohnungen	146	3,7

*1: Angegeben ist die Anzahl der Gebäude, nicht nur der Wohngebäude. Ein Vergleich der Zahl der Gebäude an sich ist nicht möglich, da bei der Volkszählung Gebäude als Einheit gezählt werden, die im Ortsmodell durch mehrere Geo-Objekte repräsentiert werden.

*2: Mangels Angabe der Zahl der Wohngebäude im Amtlichen Ortsverzeichnis berechnet sich der Quotient aus der Anzahl der Einwohner und der Anzahl der Wohngebäude im Modell.

Die Zahl der Wohngebäude steigt mit der Zahl der Einwohner. Der Quotient aus Einwohnern und Gebäuden nimmt insgesamt betrachtet über die Jahre hinweg ab, steigt jedoch nach Ende des 2. Weltkriegs. Grund dafür sind unter anderem Zuwanderungen durch Geflüchtete (Binder et al., 2008, S. 69).

6.4 Zwischenfazit

In diesem Zwischenfazit können ausstehende Antworten auf übrige Leitfragen gegeben werden.

Zu Leitfrage 3, wie sich der Bestand an Gebäuden und Verkehrswegen in Edelsfeld seit der Uraufnahme im Jahr 1835 verändert hat:

Aus den Kapiteln 6.1 und 6.3.3 geht hervor, dass die Anzahl der Gebäude stetig wächst. Das Netz der Verkehrswege wird ebenfalls größer. Die Trassen der heutigen Hauptstraßen haben sich kaum verändert, sie lassen sich bereits zum Zeitpunkt der Uraufnahme nachweisen.

Zur Leitfrage 4, ob die Erkenntnisse allgemein auf Ortslagen in Bayern übertragen werden können:

Leitfrage 4 lässt sich grundsätzlich bejahen, vor allem für Erkenntnisse über die flächendeckenden Daten und Unterlagen der Bayerischen Vermessungsverwaltung, wie im Kapitel 6.2 beschrieben wird.

Zu Leitfrage 5, welche zeitliche und räumliche Genauigkeit für rekonstruierte Gebäude angegeben werden kann:

Die Angabe einer zeitlichen oder räumlichen Genauigkeit für das gesamte Ortsmodell ist aufgrund der verschiedenen Genauigkeiten der Datengrundlage kaum möglich. Für historische rekonstruierte Gebäude kann eine Genauigkeit im Meterbereich angenommen werden. Rekonstruierte Gebäudehöhen sind etwa 2 Meter genau. Seitdem Luftbilder existieren, liegen zeitliche Fehler bei maximal etwa 5,5 Jahren.

Zur Leitfrage 6, wie die Zahl der Gebäude mit der Einwohnerzahl korreliert und ob dabei Auswirkungen historischer Ereignisse wie der zweite Weltkrieg erkennbar sind:

Die Untersuchung aus Kapitel 6.3.3 zeigt, dass mit der Einwohnerzahl auch die Anzahl an Wohngebäuden steigt. Nach dem zweiten Weltkrieg steigt der Quotient aus Einwohnern und Gebäuden, der aber insgesamt betrachtet zwischen 1875 und 1987 abnimmt.

7 Einsatzmöglichkeiten und Ausblick

Die hauptsächliche Einsatzmöglichkeit des temporalen Ortsmodells von Edelsfeld ist, wie bereits einleitend erwähnt, die Darstellung und Information über die Entwicklung des Ortes Edelsfeld für Interessierte und die Dokumentation von Veränderungen. Darüber hinaus kann es im Bereich der Heimatforschung als Grundlage für Modelle weiterer Ortschaften aber auch zur Sammlung zusätzlicher historischer räumlicher Informationen dienen. Die Überführung von Informationen aus schützenswerten historischen Quellen in ein digitales System kann zum Schutz des historischen Datenmaterials beitragen.

Doch auch jenseits der Geschichts- und Heimatforschung werden Daten zu historischen Informationen benötigt. Nach dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2025) dienen Informationen zu Entwicklungen in der Vergangenheit als Grundlage für Prognosen, wie etwa in der Raumordnung. Daten zum Alter von Gebäuden zählen zu den kostenpflichtigen Produkten von Geodatenanbietern (Wagner, 2018).

Ein flächendeckender Einsatz temporaler Ortsmodelle zu derartigen Zwecken, bedingt eine großflächige Umsetzung des gesamten Prozesses. Dafür ist ein hoher zeitlicher Aufwand zu leisten. Diese Aufgabe müsste durch die BVV als Verwalter und Eigentümer flächendeckender Geodaten übernommen werden. Im Vergleich zum Aufwand ist der konkrete Nutzen jedoch gering, für die oben genannten Verwendungszwecke gibt es Daten anderer Anbieter. Eine Umsetzung ist in den nächsten Jahren daher unwahrscheinlich. Realistischer erscheint im Gegenzug der Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur Erleichterung der Auswertung historischer Karten. Ein weiterer denkbarer Schritt ist die Bereitstellung historischer Geodaten für Bayern, im Geoportal des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen stehen bereits historische Datensätze für Gebäude jährlich ab dem Jahr 2016 bereit (open nrw, 2024). Somit wird die übrig gebliebene Leitfrage 7 beantwortet, mit der gefragt wird, wer einen Nutzen von den erzeugten Daten hat und wie eine sinnvolle Nutzung des gewonnenen Modells aussehen kann.

Hinsichtlich des Modells selbst gibt es Aspekte, die verbessert werden können. Durch die Einfärbung oder Texturierung von Wänden und Dächern der Gebäude im 3D-Modell oder durch hinzufügen von Vegetation und weiterer Details entsteht ein realistischeres Modell. Weitere Angaben in Form von Bildern und Informationen können die Genauigkeit und die Vollständigkeit steigern. In Betracht ziehen lässt sich auch eine erweiterte Art der Visualisierung, beispielsweise durch Anwendungen in den Bereichen Virtual oder Augmented Reality.

8 Resümee

Zum Abschluss soll ein Resümee gezogen werden, inwiefern anfangs definierte Ziele erreicht wurden und ob das erstellte Modell den eingangs gestellten Anforderungen entspricht.

Die verfügbare Datengrundlage reicht aus, um die historische räumliche Entwicklung von Edelsfeld im zweidimensionalen Bereich und quellenbasiert auch in weiten Teilen der dritten Dimension rekonstruieren zu können. Dafür sind über die Datengrundlage der Bayerischen Vermessungsverwaltung hinaus weitere Datenquellen erforderlich.

Die Anforderung an ein durchgängiges zweidimensionales Modell konnte erfüllt werden. Zweidimensional rekonstruiert werden konnten in ihrer Form und Größe alle Gebäude, die amtlich eingemessen wurden oder in einem Luftbild erkennbar ist. Eine Dunkelziffer nicht erfasster Gebäude, vor allem für jene mit untergeordneter Bedeutung, lässt sich lediglich vermuten, jedoch ohne zusätzliches Quellenmaterial nicht beweisen. Eine dreidimensionale Rekonstruktion ist für historische Gebäude nur möglich, wenn sie bereits in einem Luftbild oder anderweitig fotografisch festgehalten wurden. Um Gebäude mit unbekannter Dachform und Stockwerkzahl trotzdem dreidimensional darstellen zu können, wurden unbekannte Attribute durch fiktive ersetzt.

Eine weitere Erkenntnis ist, dass sich bis auf manche Einschränkungen die Erkenntnisse des Prozesses auf Ortslagen in Bayern übertragen lassen.

Eine Visualisierung ist in verschiedener Art und Weise über GIS-Anwendungen aber auch über einfachere Mittel wie Videos umsetzbar. Das fertige Modell erlaubt Betrachtenden einen intensiven Blick in die Vergangenheit und die Veränderungen von 1835 bis 2024, wenngleich Details wie Farben der Objekte und Vegetation fehlen und auch die zeitliche Genauigkeit vereinzelt mehrere Monate betragen kann. Dennoch gelten die gesetzten Ziele als erreicht.

Der Fortschritt über die Zeit kann mit dem temporalen Ortsmodell nicht aufgehalten, dafür aber festgehalten werden.

Anhang

A Tabellarische Aufstellungen verwendeter Daten und Unterlagen

A.1 Aufstellung der Messoperats

Nummer des Messoperats	Datum	Nummer des Messoperats	Datum
2	17.05.1846	68	11.06.1895
3	20.01.1905	70	30.06.1897
4	05.04.1847	74	25.09.1898
5	23.01.1905	80	20.11.1902
7	14.12.1854	83	16.02.1904
8	28.01.1905	84	02.03.1904
10	30.01.1905	85	20.10.1903
11	11.12.1858	87	25.10.1903
12	01.02.1905		
19	11.10.1868		
30	05.03.1873		
32	09.04.1868		
36	19.02.1905		
43	07.04.1880		
44	01.12.1875		
47	22.10.1871		
49	27.03.1868		
53	24.02.1905		
56	03.06.1985		
57	30.10.1885		
59	22.01.1886		
60	10.09.1888		
62	19.10.1889		
64	23.02.1892		
65	21.04.1893		
66	21.04.1893		

A.2 Aufstellung der Fortführungsrisse

FR-Nummer	Datum	FR-Nummer	Datum	FR-Nummer	Datum
1	08.03.1893	80	14.09.1928	146	24.10.1954
2	10.1894	82	21.10.1929	147	21.07.1955
4	03.1893	83	01.10.1930	148	19.04.1956
6	10.1894	87	14.09.1928	149	29.05.1956
8	05.11.1896	89	14.09.1928	150	16.11.1956
9	09.05.1898	90a	04.11.1931	152	23.07.1956
11	09.05.1898	91	07.10.1932	154	17.09.1889
14	03.07.1900	92	31.03.1931	155	17.04.1958
21	04.06.1902	94	05.10.1932	156	11.04.1958
22	12.10.1903	95	04.10.1932	157a	13.05.1958
23	12.10.1903	98	25.04.1934	157b	13.05.1958
24	12.10.1903	99	25.04.1934	159	06.10.1958
25	26.02.1904	103	24.04.1934	161	06.04.1959
32	21.10.1905	105	27.04.1934	162	02.07.1959
33	21.06.1906	107	28.03.1935	165	03.08.1960
37	16.05.1907	108	29.03.1935	166	03.11.1960
38	24.03.1909	109	28.03.1935	170	04.07.1961
39	24.03.1909	110	29.03.1935	171	25.01.1962
44	22.07.1891	111	13.07.1936	174	14.05.1962
47	24.01.1911	114	14.10.1937	176	20.11.1963
48	08.11.1910	117	29.04.1935	177	21.05.1964
49	04.02.1910	126	31.07.1941	178	1965
54	23.11.1912	127	16.06.1942	179	1965
55	27.10.1912	128	30.07.1941	180	1965
59	14.09.1914	129	30.07.1941	181	17.09.1965
71	20.07.1923	132	28.04.1949	182	17.09.1965
73	07.07.1926	134	20.06.1950	183	09.1965
75	09.07.1926	138	15.05.1953	184	09.1965
76	29.05.1928	140	14.10.1953	185	09.1965
77	30.10.1929	142	13.10.1953	186	04.08.1967
78	28.05.1925	143	14.07.1954	188	24.04.1970

FR-Nummer	Datum	FR-Nummer	Datum	FR-Nummer	Datum
189	06.05.1971	258	21.08.1981	298	27.09.1984
190	13.09.1973	259	26.08.1981	303	29.04.1986
191	13.09.1973	260	21.05.1982	305	28.11.1986
193	01.10.1974	261	04.06.1982	306	26.11.1986
198	23.10.1975	262	04.08.1981	311	13.05.1988
199	26.09.1975	263	11.08.1981	312	21.06.1988
200	23.10.1975	264	14.08.1981	314	16.09.1988
201	06.11.1975	265	20.08.1981	320	11.04.1989
202	06.11.1975	266	01.09.1981	321	01.06.1989
204	07.11.1975	267	28.05.1982	323	03.08.1989
205	10.11.1975	268	27.05.1982	324	03.08.1989
207	10.11.1975	269	07.08.1981	325	03.08.1989
225	07.10.1974	270	07.08.1981	326	02.08.1989
226	20.12.1977	272	10.09.1981	327	09.10.1989
228	14.04.1978	273	03.09.1981	334	06.1990
231	21.09.1978	274	31.08.1981	335	20.07.1990
234	20.09.1978	275	20.10.1981	339	16.10.1990
236	05.10.1978	278	10.09.1981	340	11.1990
238	23.11.1979	279	13.09.1981	342	22.04.1991
245	09.09.1980	280	22.09.1981	348	10.09.1991
247	10.08.1981	281	11.08.1981	350	15.07.1992
248	04.09.1981	282	20.08.1981	351	15.07.1992
249	26.08.1981	283	20.10.1981	352	15.07.1992
250	15.09.1981	284	14.08.1981	354	22.07.1992
251	30.07.1981	285	09.09.1981	356	30.10.1992
252	05.08.1981	286	02.10.1981	357	27.10.1992
253	18.08.1981	287	19.10.1981	362	15.12.1992
254	30.07.1981	289	23.09.1981	366	15.06.1993
255	31.07.1981	290	25.09.1981	367	27.05.1993
256	06.08.1981	293	29.06.1982	370	07.07.1993
257	18.08.1981	297	17.09.1984	372	08.07.1993

FR-Nummer	Datum	FR-Nummer	Datum	FR-Nummer	Datum
373	07.06.1993	418	18.09.1996	468	01.06.1999
376	15.09.1993	421	10.10.1996	469	09.06.1999
378	22.09.1993	422	23.09.1996	470	09.06.1999
379	10.11.1993	423	09.1996	471	09.06.1999
380	19.11.1993	424	21.10.1996	472	02.06.1999
382	08.04.1994	427	24.10.1996	473	02.06.1999
383	06.04.1994	428	24.10.1996	474	15.06.1999
384	15.03.1994	429	24.10.1996	475	15.06.1999
385	18.03.1994	430	23.10.1996	476	15.06.1999
386	20.04.1994	431	23.10.1996	477	15.06.1999
387	28.04.1994	432	23.10.1996	488	05.2000
388	18.03.1994	433	22.10.1996	489	05.2000
389	18.03.1994	434	22.10.1996	491	05.2000
390	14.04.1994	435	21.10.1996	492	05.2000
392	06.05.1994	436	25.09.1996	495	26.05.2000
393	08.04.1994	437	23.10.1996	496	14.06.2000
394	08.04.1994	438	17.10.1996	501	03.07.2000
395	14.04.1994	439	17.10.1996	503	10.04.2001
396	29.04.1994	440	11.10.1996	504	08.05.2001
399	01.06.1994	441	25.09.1996	506	09.08.2001
400	14.04.1994	442	17.10.1996	507	09.08.2001
401	19.09.1994	450	01.07.1997	508	09.08.2001
402	09.1994	452	01.08.1997	509	08.08.2001
404	21.12.1994	455	29.10.1997	510	09.08.2001
406	08.1995	456	01.12.1997	513	25.04.2002
407	08.1995	457	01.12.1997	514	13.05.2002
408	05.09.1995	460	18.02.1998	515	13.05.2002
409	30.10.1995	463	02.10.1998	517	24.05.2002
410	08.11.1995	465	18.12.1998	518	08.05.2002
412	13.11.1995	466	18.12.1998	519	08.05.2002
416	11.12.1995	467	02.06.1999	520	07.05.2002

FR-Nummer	Datum	FR-Nummer	Datum	FR-Nummer	Datum
521	14.05.2002	563	27.11.2006	607	22.06.2009
522	08.2002	564	14.12.2006	608	19.06.2009
523	15.05.2002	565	07.12.2006	609	22.06.2009
524	15.05.2002	566	07.12.2006	610	19.06.2009
525	08.2002	567	07.12.2006	611	18.06.2009
526	15.05.2002	568	27.04.2006	612	26.06.2009
527	14.05.2002	569	23.05.2006	613	25.06.2009
528	14.05.2002	570	04.05.2006	614	17.06.2009
529	17.05.2002	571	04.05.2006	615	17.06.2009
530	05.09.2002	572	03.05.2006	616	18.06.2009
531	17.05.2002	573	27.05.2006	622	13.11.2009
533	17.10.2002	574	28.04.2006	623	08.03.2010
534	10.03.2003	575	25.04.2006	624	08.03.2010
535	17.07.2003	576	25.04.2006	625	08.03.2010
538	12.2003	577	02.05.2006	626	10.03.2010
539	12.2003	578	27.04.2006	627	11.03.2010
540	12.2003	579	28.04.2006	628	09.03.2010
541	12.2003	580	27.07.2006	629	10.03.2010
542	12.2003	585	31.05.2007	630	10.03.2010
543	12.2003	591	30.07.2007	631	12.04.2010
544	12.2003	592	30.07.2007	635	14.09.2010
545	12.2003	593	06.08.2007	638	20.07.2011
548	12.07.2004	595	21.11.2007	640	02.08.2011
549	12.07.2004	596	21.11.2007	641	02.08.2011
550	01.12.2003	597	03.11.2008	642	01.08.2011
551	12.04.2005	598	14.12.2008	643	11.11.2011
552	14.04.2005	602	26.06.2009	650	27.03.2012
553	13.04.2005	603	26.06.2009	654	10.05.2012
555	05.08.2005	604	25.06.2009	655	10.05.2012
556	23.09.2005	605	24.06.2009	656	10.05.2012
557	20.02.2006	606	23.06.2009	657	04.07.2012

FR-Nummer	Datum	FR-Nummer	Datum	FR-Nummer	Datum
658	04.07.2012	704	09.05.2016	747	07.11.2017
659	04.07.2012	714	04.10.2016	749	11.12.2017
660	16.10.2012	715	04.10.2016	750	24.11.2017
661	20.03.2013	716	21.11.2016	751	19.04.2018
663	21.03.2013	717	21.11.2016	752	23.05.2018
664	21.03.2013	718	21.11.2016	753	23.05.2018
665	11.04.2013	719	07.12.2016	755	20.08.2018
666	11.04.2013	720	07.12.2016	756	03.09.2018
667	11.04.2013	721	04.2017	757	03.09.2018
668	22.03.2013	722	04.2017	759	27.09.2018
669	22.03.2013	723	23.05.2017	760	28.09.2018
670	22.03.2013	724	23.05.2017	761	28.09.2018
671	12.04.2013	725	23.05.2017	762	27.09.2018
672	17.04.2013	726	23.05.2017	763	27.09.2018
676	12.09.2013	727	23.05.2017	764	27.09.2018
678	23.08.2013	728	29.05.2017	765	13.11.2018
679	30.08.2013	729	29.05.2017	767	13.05.2019
682	11.03.2014	730	07.06.2017	768	08.07.2019
683	26.05.2014	731	07.06.2017	769	08.07.2019
684	26.05.2014	732	07.06.2017	770	08.07.2019
687	28.10.2014	733	07.06.2017	771	08.07.2019
688	26.11.2014	734	07.06.2017	776	09.2019
689	09.12.2014	735	07.06.2017	777	05.08.2019
690	09.12.2014	736	08.06.2017	778	05.08.2019
692	12.03.2015	739	06.11.2017	779	05.08.2019
695	07.09.2015	740	06.11.2017	782	02.06.2020
696	21.09.2015	741	07.11.2017	783	02.06.2020
697	09.03.2016	742	07.11.2017	784	02.06.2020
700	09.03.2016	743	07.11.2017	785	02.06.2020
701	09.05.2016	744	07.11.2017	786	02.06.2020
702	09.05.2016	745	06.11.2017	787	08.06.2020
703	09.05.2016	746	06.11.2017	788	04.08.2020

FR-Nummer	Datum	FR-Nummer	Datum
789	25.08.2020	825	11.08.2021
790	25.08.2020	826	16.08.2021
791	25.08.2020	829	18.03.2022
792	22.09.2020	830	21.03.2022
793	22.09.2020	831	13.05.2022
794	26.10.2020	832	23.05.2022
795	26.10.2020	833	30.05.2022
796	26.10.2020	834	30.05.2022
797	26.10.2020	835	31.05.2022
798	26.10.2020	836	31.05.2022
799	26.10.2020	837	01.06.2022
800	26.10.2020	838	01.06.2022
801	15.03.2021	839	02.06.2022
802	15.04.2021	840	02.06.2022
803	15.04.2021	841	08.06.2022
804	15.04.2021	842	08.06.2022
806	07.06.2021	843	09.06.2022
807	07.06.2021	849	04.07.2023
808	08.06.2021	850	04.07.2023
809	08.06.2021	851	04.07.2023
810	08.06.2021	852	05.07.2023
811	09.06.2021	857	18.03.2024
812	09.06.2021	858	03.2024
817	22.11.2021	859	03.2024
818	17.08.2021	860	02.04.2024
822	10.08.2021		
823	11.08.2021		
824	11.08.2021		

A.3 Aufstellung der Luftbilder und Orthophotos

Datum der Aufnahme	Name	Art	Maßstab / Bodenpixelgröße
06.08.1945	452045_3_13	Luftbild	1:41590
06.08.1945	452045_3_14	Luftbild	1:41590
06.08.1945	452045_3_15	Luftbild	1:41590
18.05.1952	52002_24_2250	Luftbild	1:8000
18.05.1952	52002_24_2211	Luftbild	1:8000
18.05.1952	52002_24_2210	Luftbild	1:8000
18.05.1952	52002_24_2209	Luftbild	1:8000
03.06.1963	63092_0_371	Luftbild	1:24000
27.06.1963	63093_0_3	Luftbild	1:24000
27.06.1963	63093_0_4	Luftbild	1:24000
27.06.1963	63093_0_5	Luftbild	1:24000
26.10.1973	73076_0_698	Luftbild	1:14000
26.10.1973	73076_0_699	Luftbild	1:14000
26.10.1973	73076_0_700	Luftbild	1:14000
26.10.1973	73076_0_701	Luftbild	1:14000
26.10.1973	73076_0_702	Luftbild	1:14000
18.07.1983	83092_0_18	Luftbild	1:23000
18.07.1983	83092_0_19	Luftbild	1:23000
27.10.1988	88149_1_283	Luftbild	1:15000
27.10.1988	88149_1_284	Luftbild	1:15000
27.10.1988	88149_1_285	Luftbild	1:15000
27.10.1988	88149_1_286	Luftbild	1:15000
27.10.1988	88149_1_287	Luftbild	1:15000
03.09.1991	91007_3_148	Luftbild	1:15000
03.09.1991	91007_3_149	Luftbild	1:15000
03.09.1991	91007_3_150	Luftbild	1:15000
03.09.1991	91007_3_151	Luftbild	1:15000
03.09.1991	91007_3_233	Luftbild	1:15000
03.09.1991	91007_3_233	Luftbild	1:15000
03.09.1991	91007_3_234	Luftbild	1:15000

03.09.1991	91007_3_235	Luftbild	1:15000
03.09.1991	91007_3_236	Luftbild	1:15000
04.07.1999	99232_2_1313	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1314	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1315	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1316	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1317	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1318	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1319	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1320	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1321	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1322	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1323	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1324	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1325	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1326	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1327	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1328	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1329	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1330	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1331	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1332	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1333	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1334	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1335	Luftbild	1:4000
04.07.1999	99232_2_1336	Luftbild	1:4000
21.05.2001	101011_0_339	Luftbild	1:15000
21.05.2001	101011_0_340	Luftbild	1:15000
15.08.2001	101011_1_15	Luftbild	1:15000
15.08.2001	101011_1_16	Luftbild	1:15000
30.07.2004	DOP 2004	DOP	40cm / Pixel
02.05.2007	DOP 2007	DOP	20cm / Pixel
29.06.2010	DOP 2010	DOP	20cm / Pixel

16.07.2013	DOP 2013	DOP	20cm / Pixel
24.06.2016	DOP 2016	DOP	20cm / Pixel
28.05.2017	DOP 2017	DOP	20cm / Pixel
15.08.2021	DOP 2021	DOP	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_983	Luftbild	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_984	Luftbild	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_985	Luftbild	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_986	Luftbild	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_987	Luftbild	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_988	Luftbild	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_989	Luftbild	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_1094	Luftbild	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_1095	Luftbild	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_1096	Luftbild	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_1097	Luftbild	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_1098	Luftbild	20cm / Pixel
16.09.2023	123028_1_1099	Luftbild	20cm / Pixel

A.5 Aufstellung der sonstigen Textquellen

Datum / Jahr	Information	Quelle
ohne Datum	Errichtung Postagentur	Binder et al., 2008, S. 271
1844	Abbruch und Errichtung ev. Schulhaus	Binder et al., 2008, S. 215
1873	Errichtung kath. Schulhaus	
1865	Errichtung des kath. Expositur-Hauses	Binder et al., 2008, S. 199
1907	Aufstockung des Turms der Ev. Kirche	Binder et al., 2008, S. 192
1926	Errichtung Wohnhaus Nr. 50	Binder et al., 2008, S. 273
1945	Zerstörung Anwesen Strehl	Binder et al., 2008, S. 263
1945	Kriegsschäden an Gebäuden	Regler, 2005, S. 92–98
1959	Abbruch des Hirtenhauses	Binder et al., 2008, S. 246
1974	Errichtung Firmengebäude, Firma Normbau	Binder et al., 2008, S. 165
1980	Errichtung Kindergarten	Binder et al., 2008, S. 226
1934	Brand und Neuaufbau bei Hausnr. 19	Regler, 2009, S. 28
17.09.2012	Abbruch kath. Pfarranwesen	Sulzbach-Rosenberger Zeitung (SRZ)
19.11.2014	Errichtung ev. Gemeindehaus	SRZ
28.06.2019	Abbruch Brücke B85 bei Edelsfeld	SRZ
27.03.2019	Abbruch altes ev. Gemeindehaus	SRZ

B Angaben zur Datenauswertung

An dieser Stelle sollten Angaben zur statistischen Auswertung der Daten des erstellten Ortsmodells stehen. Diese befinden sich in der Excel-Arbeitsmappe *Bachelorarbeit_Haas_Auswertungen.xlsx* auf dem zugehörigen Datenträger.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ein Gebäude in den Detailstufen von LoD0 bis LoD4 (Coors et al., 2016, S. 70)	12	
Abbildung 2: Soldnerkugel und Laplace-Ellipsoid (Ziegler, 1993, S. 15)	15	
Abbildung 3: Soldner-Koordinatensystem (Ziegler, 1993, S. 16)	16	
Abbildung 4: Links: Abbildung des Hauptmeridians bei transversaler Mercatorprojektion, Rechts: Ellipsoidische Orthogonalkoordinaten (Witte et al., 2020, S. 21)	17	
Abbildung 5: UTM-Meridianstreifen (Witte et al., 2020, S. 24)	18	
Abbildung 6: Definition der Normalhöhen (Ilk, 2021, S. 254).....	19	
Abbildung 7: Benennung der bayerischen Flurkartenblätter (Ziegler, 1993, S. 42).....	21	
Abbildung 8: Fortschritt der Uraufnahme in Bayern (Ziegler, 1993, Anlage 15).....	23	
Abbildung 9: Prinzip der Messtischaufnahme (Seeberger & Holl, 2001, S. 36).....	24	
Abbildung 10: Prinzip der Orthogonalaufnahme, hier Polygonieren und Orthogonalverfahren (Seeberger & Holl, 2001, S. 61).....	25	
Abbildung 11: Prinzip der Polaraufnahme (Seeberger & Holl, 2001, S. 61).....	26	
Abbildung 12: Die Kirche St. Stephanus in Edelsfeld im DOP20 von 2017 (links) und im TrueDOP20 von 2021 (rechts) (Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Daten bearbeitet).....	29	
Abbildung 13: Ein Beispielbild, aus dem 3D-Informationen für ein Gebäude gewonnen werden (Sammlung Haas)	32	
Abbildung 14: Das durch einen roten Umring eingegrenzte Untersuchungsgebiet (Eigene Darstellung, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Daten bearbeitet)	33	
Abbildung 15: Ausschnitt aus der Vorschrift zur Planzeichnung von 1830 (bearbeitet) (Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung [LDBV], 2025, S. 3)	35	
Abbildung 16: Links: Ausschnitt auf dem Uraufnahmeblatt NO 69-05 mit dem Dorf Edelsfeld; Rechts: Ausschnitt aus dem Uraufnahmeblatt NO 69-08 mit dem Dorf Oberschalkenbach	(Hintergrundkarte: © Bayerische Vermessungsverwaltung (2025) Datenquelle: Geoportal Bayern www.geoportal.bayern.de , Daten verändert).....	36
Abbildung 17: Uraufnahmeblatt NO 69 04 mit dem Untersuchungsgebiet Edelsfeld im Jahr 1835 (© Bayerische Vermessungsverwaltung, 2024, Daten verändert)	37	
Abbildung 18: Ausschnitt aus dem Liquidationsplan der Steuergemeinde Edelsfeld (© ADBV Amberg, 2024)	38	
Abbildung 19: Ausschnitt der Digitalen Flurkarte von Edelsfeld (Eigene Darstellung mit QGIS)	42	

Abbildung 20: Fehler in der Digitalen Flurkarte (Eigene Darstellung mit QGIS).....	43
Abbildung 21: Zusammenhang zwischen MultiSurface und Solid (Coors et al., 2016, S. 51)	45
Abbildung 22: Links: Digitales Oberflächenmodell von 1952; Rechts: Digitales TrueOrthophoto (Eigene Darstellung mit Agisoft Metashape Professional, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung)	56
Abbildung 23: 3D-Modellierung in ArcGIS (Eigene Darstellung mit ArcGIS Pro, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung).....	67
Abbildung 24: Der Layer Gebäude_historisch zum Zeitpunkt 31.05.1854 im MapViewer auf der Plattform ArcGIS Online (Eigene Darstellung mit ArcGIS Online, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung)	69
Abbildung 25: Ausschnitt aus dem zweidimensionalen temporalen Ortsmodell zum Zeitpunkt 01.07.1835 (links) und zum Zeitpunkt 01.09.2024 (rechts) (Eigene Darstellung, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung).....	72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufstellung und Einteilung der Datenquellen.....	34
Tabelle 2: Aufstellung der einzelnen Daten nach Kategorie.....	51
Tabelle 3: Verwendete Layer bei der Modellierung nach Gruppierung	61
Tabelle 4: Aufstellung verwendeter Dachformen (Eigene Darstellung in Anlehnung an LDBV, 2025i, S. 10)	63
Tabelle 5: Belegung des Feldes zum Attribut Nachweis (NWS).....	64
Tabelle 6: Zeiträume zu Luftbildern und Orthophotos und abgeleitete zeitliche Genauigkeitsmaße	75
Tabelle 7: Aufstellung der Einwohnerzahlen und Gebäudezahlen von Edelsfeld aus den Amtlichen Ortsverzeichnissen und dem Ortsmodell von Edelsfeld.....	76

Literaturverzeichnis

- Agisoft LLC (Hrsg.). (2025). *Agisoft Metashape User Manual - Professional Edition, Version 2.2*. https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_2_2_en.pdf - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Airbus (Hrsg.). (2020). *4D-TBO: a new approach to aircraft trajectory prediction*. <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2020-12-4d-tbo-a-new-approach-to-aircraft-trajectory-prediction> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.). (2019). *Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok)*. <https://www.adv-online.de/icc/extdeu/nav/d94/binarywriterservlet?imgUid=862602a0-36fa-6b61-c2d2-1bf43b36c4c2&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bayerische Vermessungsverwaltung (Hrsg.). (2017). *Einführung von ALKIS® in Bayern: Häufig gestellte Fragen*. <https://www.adbv-abensberg.de/file/pdf/5436/ALKIS-FAQ.pdf> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bayerische Vermessungsverwaltung (Hrsg.). (2019). *ALKIS® in Bayern, Nutzerbezogene Bestandsdatenaktualisierung*. <https://ldbv.bayern.de/file/pdf/11253/ALKIS-NBA.pdf> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bayerische Vermessungsverwaltung (Hrsg.). (2024). *Nutzungsbedingungen für das Geoportal und den BayernAtlas*. https://www.ldbv.bayern.de/file/pdf/18295/Nutzungsbedingungen_Geoportal_BayernAtlas_BayernAtlasplus.pdf - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bayerische Vermessungsverwaltung (Hrsg.). (2025a). *BayernAtlas*. www.atlas.bayern.de - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bayerische Vermessungsverwaltung (Hrsg.). (2025b). *FAQ OpenData*. <https://www.geodaten.bayern.de/odd/m/3/html/faq.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bayerische Vermessungsverwaltung (Hrsg.). (2025c). *OpenData*. <https://geodaten.bayern.de/opengeodata/> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bayerisches Landesamt für Statistik (Hrsg.). (2025). *Bevölkerungsstand*. https://www.statistik.bayern.de/statistik/gebiet_bevoelkerung/bevoelkerungsstand/index.html#link_2 - zuletzt geprüft am 10.02.2025

- Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (Hrsg.). (1991). *Amtliches Ortsverzeichnis für Bayern: Gebietsstand: 25. Mai 1987* (Beiträge zur Statistik Bayerns Nr. 450). http://daten.digitale-sammlungen.de/bsb00059539/image_1 - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bayerisches Statistisches Landesamt. (1928). *Ortschaften-Verzeichnis für den Freistaat Bayern: nach der Volkszählung vom 16. Juni 1925 und dem Gebietsstand vom 1. Januar 1928. Beiträge zur Statistik Bayerns: Bd. 109*. Lindauer. http://daten.digitale-sammlungen.de/bsb00052487/image_1 - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bayerisches Statistisches Landesamt (Hrsg.). (1952). *Amtliches Ortsverzeichnis für Bayern: Bearbeitet auf Grund der Volkszählung vom 13. September 1950* (Beiträge zur Statistik Bayerns Nr. 169). http://daten.digitale-sammlungen.de/bsb00052490/image_1 - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bayerisches Statistisches Landesamt (Hrsg.). (1964). *Amtliches Ortsverzeichnis für Bayern: Gebietsstand am 1. Oktober 1964 mit Gebietsstand am 1. Oktober 1964 mit statistischen Angaben aus der Volkszählung 1961* (Beiträge zur Statistik Bayerns Nr. 260). http://daten.digitale-sammlungen.de/bsb00059538/image_1 - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bayerisches Statistisches Landesamt (Hrsg.). (1973). *Amtliches Ortsverzeichnis für Bayern: Gebietsstand: 1. Juli 1973* (Beiträge zur Statistik Bayerns Nr. 335). http://daten.digitale-sammlungen.de/bsb00062219/image_1 - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bayerisches Statistisches Landesamt (Hrsg.). (1978). *Amtliches Ortsverzeichnis für Bayern: Gebietsstand: 1. Mai 1978* (Beiträge zur Statistik Bayerns Nr. 380). http://daten.digitale-sammlungen.de/bsb00052491/image_1 - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bill, R. (2023). *Grundlagen der Geo-Informationssysteme* (7., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage). Wichmann.
- Binder, A., Conrad, M., Moser, M., Flammersberger, F., Kurz, H., Regler, K. & Renner, W. (2008). *Heimatbuch der Gemeinde Edelsfeld: Eine Sammlung heimatkundlicher Beiträge und Bilder*.
- Borggräfe, H., Hennies, L. & Rass, C. (2022). Geoinformationssysteme in der historischen Forschung: Praxisbeispiele aus der Untersuchung von Flucht, Verfolgung und Migration in den 1930er- bis 1950er-Jahren. *Zeithistorische Forschungen*, 19(1), 148–169. <https://doi.org/10.14765/ZZF.DOK-2404>

- Bosch, T. (1964). *Ein Beitrag zur Genauigkeit der bayerischen Flurkarten im Maßstab 1:5000. Reihe C: Dissertationen: Bd. 74.* Bayerische Akademie der Wissenschaften.
- Brinkhoff, T. (2022). *Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis: Einführung unter besonderer Berücksichtigung von PostGIS und Oracle* (4., überarbeitete und erweiterte Auflage). Wichmann.
- Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (Hrsg.). (2025, 10. Februar). *ETRS89/UTM-Projektmaßstab und Planungskoordinatensystem - Baufachliche Richtlinien Vermessung.* <https://www.bfrvermessung.de/materialien-1/etrs89/utm-projektmasstab-und-planungskoordinatensystem> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.). (2025). *Raumordnungsprognose.* https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/themen/raumentwicklung/raumordnungsprognose/_node.html - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- con terra GmbH. (2022). *Datenintegration mit FME: Das deutschsprachige FME Handbuch für Einsteiger und Anwender.* Wichmann. https://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783879077120
- Coors, V., Andrae, C. & Böhm, K.-H. (2016). *3D-Stadtmodelle: Konzepte und Anwendungen mit CityGML.* Wichmann Verlag. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783879075997
- Degelmann, I. & Kollmuß, H. (2004). 195 Jahre Katasterkartographie am Bayerischen Landesvermessungsamt - eine Ära ist zu Ende. *Mitteilungen des DVW*, 56(1), 33–52. <https://bayern.dvw.de/sites/default/files/landesverband/bayern/anhang/beitragskontext/2014/Katasterkartographie.pdf> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- DVW Bayern e.V. (Hrsg.). (2020). Schwerpunktheft UTM [Sonderheft]. *Mitteilungen des DVW*, 72(2), 100. https://bayern.dvw.de/images/lv/bayern/datei/00_DVW-2-2020-IE.pdf - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Gemeinde Edelsfeld (Hrsg.). (2025). *Edelsfelder Geschichten.* <https://www.edelsfeld.de/edelsfelder-geschichten/> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Günther-Diringer, D. (2016). Historisches 3D-Stadtmodell von Karlsruhe. *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*, 66(2), 66-71. <https://doi.org/10.1007/BF03545207> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Ilk, K. H. (2021). *Modellbildung. Grundlagen der physikalischen und mathematischen Geodäsie: Band 3.* Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-62365-7>

- Kaiser, P. (2024). *ArcGIS Pro: Das deutschsprachige Handbuch inklusive Einstieg in ArcGIS Online* (3., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage). Wichmann.
https://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783879077458
- Königlich Bayerisches Statistisches Bureau. (1877). *Ortschaften-Verzeichnis des Königreichs Bayern. Beiträge zur Statistik Bayerns*. Ackermann. http://daten.digitale-sammlungen.de/bsb00052489/image_1 - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Königlich Bayerisches Statistisches Bureau. (1888). *Ortschaften-Verzeichnis des Königreichs Bayern. Beiträge zur Statistik Bayerns: Bd. 54*. Lindauer. http://daten.digitale-sammlungen.de/bsb00066440/image_1 - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Königlich Bayerisches Statistisches Bureau. (1904). *Ortschaften-Verzeichnis des Königreichs Bayern: mit alphabetischem Ortsregister. Beiträge zur Statistik Bayerns: Bd. 65*. Lindauer. http://daten.digitale-sammlungen.de/bsb00066402/image_1 - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Kunz, A. (Hrsg.). (2008). *eKompendium-HGISG - Kompendium zum Historischen Informationssystem der deutschen Staatenwelt 1820-1914 (IEG-Mainz): Das Projekt: Ziele*. <http://www.ekomp.digihist.de/Projekt/Ziele.php> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2011). *Uraufnahmeblätter - ein historischer Datenschatz wird georeferenziert verfügbar*. <https://www.ldbv.bayern.de/aktuell/archiv/512.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2018). *Kundeninformation - Digitales Orthophoto*. https://www.ldbv.bayern.de/file/pdf/12834/Kundeninfomation_DOP.pdf - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2023). *Datenformatbeschreibung 3D-Gebäudemodell Deutschland Datenformatbeschreibung 3D-Gebäudemodell Deutschland in den Ausprägungen Level of Detail 1 und 2 (LoD1-DE + LoD2-DE)*. https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/dokumentation/deu/LoD2-DE_Datenformatbeschreibung.pdf - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2024, 1. Januar). *ALKIS-Objektartenkatalog Bayern (ALKIS-OK BY): Version 2.0.2 basierend auf ALKIS-OK der AdV Version 7.1.2*.

- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025a). *3D-Gebäudemodell*. <https://www.ldbv.bayern.de/produkte/3dprodukte/3d.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025b). *ALKIS*. <https://ldbv.bayern.de/produkte/kataster/alkis.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025c). *Bayerisches Landesluftbildarchiv (BayLLA)*. <https://www.ldbv.bayern.de/vermessung/luftbilder/baylla.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025d). *Bayerisches Landesluftbildzentrum (BayLLZ)*. <https://www.ldbv.bayern.de/vermessung/luftbilder.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025e). *Bayernbefliegung*. <https://www.adbv-abensberg.de/produkte/luftbild/bayernbefliegung.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025f). *Geländemodell: Ganz Bayern in 3D - vom Main bis zur Zugspitze*. <https://ldbv.bayern.de/produkte/3dprodukte/gelaende.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025g). *Historische Topographische Karten*. <https://www.ldbv.bayern.de/produkte/historisch/tk.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025h). *II A Planzeichnung nach den Vorschriften von den Jahren 1808 und 1830*. https://geodaten.bayern.de/ba-data/Hilfe/legende_uraufnahme.pdf - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025i). *Kundeninformation LoD2*. https://www.adbv-abensberg.de/file/pdf/6723/Kundeninformation_LoD2.pdf - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025j). *Liegenschaftskataster*. <https://ldbv.bayern.de/vermessung/kataster/allgemein.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025

- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025k). *Luftbilder*.
<https://www.ldbv.bayern.de/produkte/luftbild/luftbilder.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025l).
Luftbildrecherchestation.
<https://www.ldbv.bayern.de/vermessung/luftbilder/recherchestation.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hrsg.). (2025m, 10. Februar).
Hausumringe. <https://ldbv.bayern.de/produkte/kataster/hausumringe.html> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Landesamt für Vermessung und Geoinformation (Hrsg.). (2007). *Das Liegenschaftskataster* (Schriftenreihe zur Ausbildung in der Bayerischen Vermessungsverwaltung Nr. 14).
- Landesamt für Vermessung und Geoinformation & Bayerisches Staatsministerium der Finanzen (Hrsg.). (2013). *ALKIS® kompakt: Einführung in Bayern*. https://www.adbv-abensberg.de/file/pdf/6155/ALKIS_kompakt_Web_A4.pdf - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Luhmann, T. (2023). *Nahbereichsphotogrammetrie: Grundlagen - Methoden - Beispiele* (5., neu bearbeitete Auflage). Wichmann. https://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783879077335
- Magistrat der Stadt Fulda. (2023, 18. August). *Historisches Stadtmodell*. <https://wissen-fulda.de/historisches-stadtmodell-stadt-fulda/#toggle-id-1> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- open nrw (Hrsg.). (2024). *ALKIS NW Historische Grundrissdaten*. Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen.
<https://open.nrw/dataset/alkis-nw-historische-grundrissdaten-geo-nrw> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- QGIS project (Hrsg.). (2025, 29. Januar). 17.3. *Georeferenzierung — QGIS Documentation Dokumentation*.
https://docs.qgis.org/3.34/de/docs/user_manual/working_with_raster/georeferencer.html - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Ramdani, F. (2023). Introduction to QGIS. In F. Ramdani (Hrsg.), *Springer Remote Sensing/Photogrammetry. Exploring the earth with QGIS: A guide to using satellite imagery at its full potential* (S. 1–3). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46042-5_1

- Regler, K. (2005). *Bevor der Bulldog kam - vom Leben in einem Oberpfälzer Dorf. Der Eisengau: Bd. 24*. Heimatkundlicher Kreis Amberg-Sulzbach.
- Regler, K. (2009). *Alte Hausnummern sowie Alte Hausnamen der Bewohner des Pfarrdorfes Edelsfeld*.
- Reiß, P. (2001). Bayern aus der Luft: Luftbildwesen, Photogrammetrie und Fernerkundung - aktueller Stand und Perspektiven. In Bayerisches Staatsministerium der Finanzen (Hrsg.), *Es ist ein Maß in allen Dingen: 200 Jahre Bayerische Vermessungsverwaltung 1801 - 2001* (S. 130–147). Bayerisches Landesvermessungsamt.
https://www.ldbv.bayern.de/file/pdf/4336/Brosch%C3%BCre_Es%20ist%20ein%20Ma%C3%9F%20in%20allen%20Dingen.pdf - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Seeberger, M. & Holl, F. (2001). *Wie Bayern vermessen wurde*. Haus der Bayerischen Geschichte.
- Stadt Leipzig (Hrsg.). (2025). *Historisches 3D-Stadtmodell Leipzig*.
<https://www.leipzig.de/bauen-und-wohnen/bauen/geodaten-und-karten/historisches-3d-stadtmodell-leipzig> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Technische Universität München (Hrsg.). (2025). *CityGML 3.0*.
<https://www.asg.ed.tum.de/gis/projekte/citygml-30/article/veroeffentlichung-des-neuen-citygml-30-standards-unter-mitarbeit-des-lehrstuhls-fuer-geoinformatik-der-tum/> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- virtualcitysystems GmbH (Hrsg.). (2020). *BuildingReconstruction*.
<https://vc.systems/produkte/building-reconstruction/> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Wagner, I. (2018, 25. Juli). *28 Mio. Gebäudedaten für Ihre Datenbank - Nexiga - Nexiga GmbH*. <https://nexiga.com/datensuche/marktdaten-gebaeuedaten/> - zuletzt geprüft am 10.02.2025
- Wiggenhagen, M. & Steensen, T. (2021). *Taschenbuch zur Photogrammetrie und Fernerkundung: = Guide for photogrammetry and remote sensing* (6., neu bearbeitete und erweiterte Auflage). Wichmann. https://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783879076796
- Winkler, P. N. (2023). *Vergleich von rekonstruierten Stadtmodellen zur Dokumentation einer historischen Stadtentwicklung* [Masterarbeit]. Hochschule für angewandte Wissenschaften München, München.
- Witte, B., Sparla, P. & Blankenbach, J. (2020). *Vermessungskunde für das Bauwesen mit Grundlagen des Building Information Modeling (BIM) und der Statistik* (9., neu

bearbeitete und erweiterte Auflage). Wichmann. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783879076581

Wolfrum, D. (2012, 28. Juni). *Amtliche Ortschaften-/Ortsverzeichnisse*.

<https://www.bayerische-landesbibliothek-online.de/landesbeschreibungen-orte.html#1888> - zuletzt geprüft am 10.02.2025

Ziegler, T. (1993). *Der König ließ messen sein Land*. Deutscher Verein für Vermessungswesen, Landesverein Bayern e. V.