



DVW e.V. – Gesellschaft für Geodäsie,  
Geoinformation und Landmanagement

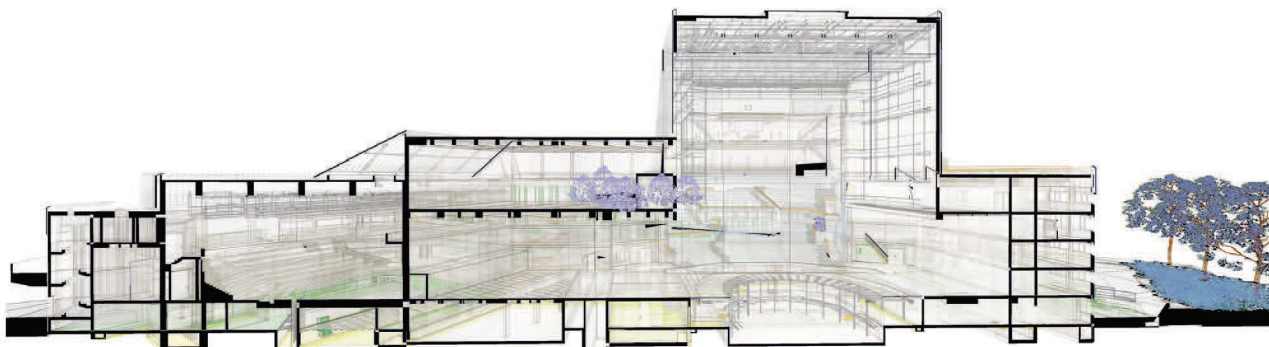
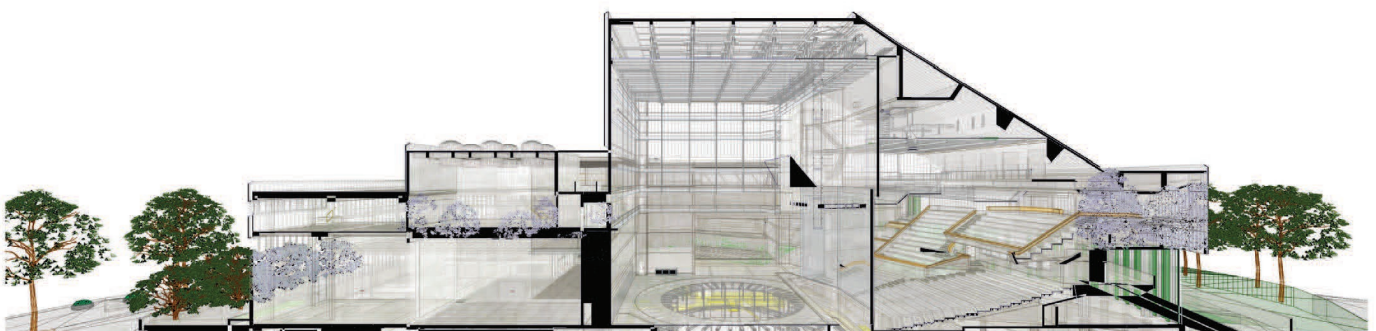
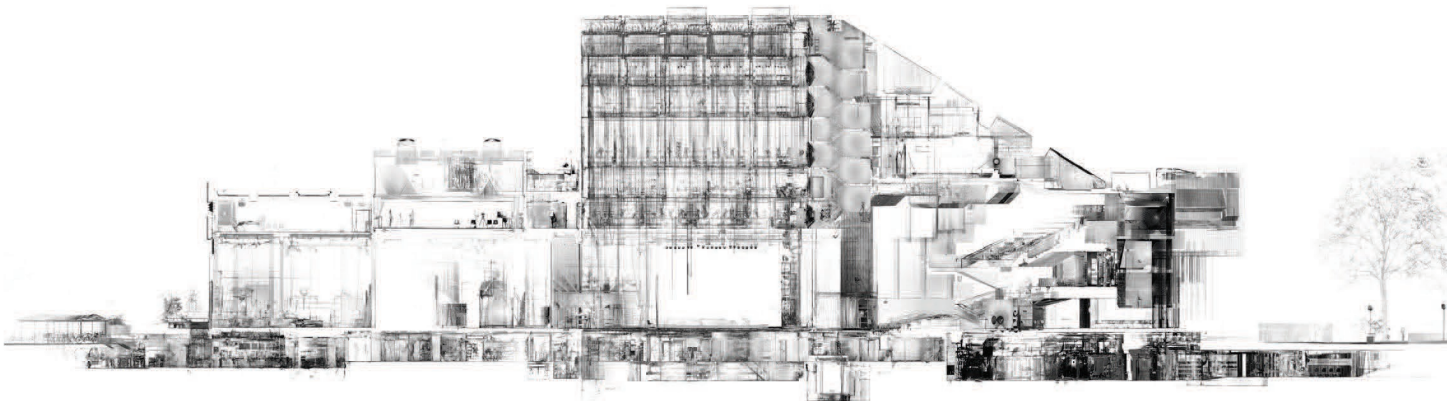


RUNDER TISCH GIS E.V.

# Leitfaden

# Geodäsie & BIM

Version 4.0





Leitfaden  
**Geodäsie  
und BIM**

Version 4.0 (2024)

# Impressum

## **Leitfaden Geodäsie und BIM**

Version 4.0, 24. September 2024

### **Herausgeber**

Robert Kaden, Christian Clemen, Jörg Blankenbach, Ralf Becker, Andreas Donaubauer, Dirk Eling, Thomas H. Kolbe  
DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement  
Runder Tisch GIS e. V.

### **Lektorat**

Gerold Olbrich, Wichmann Verlag

### **Redaktion**

Prof. Dr. Robert Kaden, FH Erfurt  
Prof. Dr. Christian Clemen, HTW Dresden  
Prof. Dr. Jörg Blankenbach und Dr. Ralf Becker, RWTH Aachen  
Dr. Andreas Donaubauer, TU München  
Prof. Dr. Dirk Eling, HS Bochum

### **Redaktionssitz**

c/o Georg Thessmann, BIM-Zentrum, Fachhochschule Erfurt, Altonaer Straße 25, 99085 Erfurt

### **Bildnachweis**

Titelbild: Lars Sörensen, Scan3D

Die Abbildungen in diesem Leitfaden stammen vom jeweiligen Autor („Ansprechpartner“) und sind urheberrechtlich geschützt! Grafiken von Dritten sind in der Bildunterschrift gekennzeichnet.

### **Anzeigen**

DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement  
Rotkreuzstr. 1 L, 77815 Bühl

**Zitierhinweis: [Nachname Autor, Vorname Autor]: [Titel des Beitrags]. In: DVW e. V. und Runder Tisch GIS e. V. (Hrsg.): Leitfaden Geodäsie und BIM. Version 4.0, Bühl/München, 2024, S. x-y.**

### **Erscheinungsnachweis**

Digital PDF, <https://www.dvw.de/BIM-Leitfaden.pdf>

Digital PDF, <https://www.rundertischgis.de/publikationen/leitfaeden.html>

**Urheberrecht und Hinweise**

Alle Rechte vorbehalten. Alle Beiträge und Abbildungen im Leitfaden Version 4.0 sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz geschützt ist, bedarf der vorherigen Genehmigung durch *DVW E. V. – GESELLSCHAFT FÜR GEODÄSIE, GEOINFORMATION UND LANDMANAGEMENT* und den *RUNDEN TISCH GIS E. V.* Die Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Die Vorstellung von Softwareprodukten und Dienstleistungen in diesem Leitfaden erfolgt ohne Gewähr oder Anspruch auf Vollständigkeit. Sämtliche Angaben zu den Produkten beruhen ausschließlich auf Informationen der jeweiligen Hersteller. Diejenigen Bezeichnungen von im Leitfaden genannten Erzeugnissen, die zugleich eingetragene Warenzeichen sind, wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen der Markierung <sup>TM</sup> oder <sup>®</sup> nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente oder Gebrauchsmusterschutz vorliegen.



## Grußwort des BMWSB – Digitalisierung nur gemeinsam

*Beitrag von Dr. Rolf Bösing, Staatssekretär BMWSB*

Digitalisierung ist aus unser aller Leben nicht mehr wegzudenken. Sie tangiert mittlerweile fast alle Bereiche der Gesellschaft und stellt uns vor technische, organisatorische und „menschliche“ Herausforderungen. Dabei leistet sie bereits jetzt einen wichtigen Beitrag zu aktuellen gesellschaftspolitischen Themen wie Klimaschutz und Nachhaltigkeit, Fachkräftesicherung und der Schaffung von preisgünstigem und bezahlbarem Wohnraum. Sie bietet aber noch viel größere Potentiale, die von uns noch nicht hinreichend genutzt werden.



Digitalisierung bietet uns die Chance, über den Lebenszyklus von Bauwerken, Quartieren und Regionen hinweg Informationen übergreifend über Prozesse und Beteiligte medienbruchfrei und effizient auszutauschen. Das ermöglicht uns, in allen Bereichen die Vorteile der Digitalisierung umzusetzen und zu nutzen. Für diesen Austausch brauchen wir allerdings ein einheitliches Verständnis und die gleiche Sprache.

Zur Schaffung des einheitlichen Verständnisses und der gleichen Sprache müssen die Beteiligten aus den verschiedenen Bereichen zusammenkommen, ihre Bedarfe und Anforderungen darlegen und gemeinschaftlich an der Zielerreichung arbeiten. Silodenken und Claim Management müssen der Vergangenheit angehören. Nur so werden wir unserer Verpflichtung gegenüber den nächsten Generationen gerecht.

Vorbilder sind hier der Deutsche Verein für Vermessungswesen (DVW) - Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e. V. und der Runde Tisch GIS e. V mit dem Leitfaden Geodäsie und BIM. Ihr Leitfaden verfolgt genau diesen Ansatz der übergreifenden Betrachtung für die Bereiche GIS und BIM.

Dabei ist der Leitfaden Geodäsie und BIM nicht nur eine kompakte Informationsquelle und ein Nachschlagewerk. Er zeigt auf, wo wir bei den Themen GIS und BIM aktuell stehen. Neben der Bereitstellung von Grundlagenwissen geht er auf das wichtige Thema der Integration von GIS und BIM ein und zeigt mögliche Synergien auf. Konkrete Anwendungsfälle werden durch Beispiele aus der Praxis ergänzt. Trotz der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Digitalisierung behält der Leitfaden durch die regelmäßige Überarbeitung seine Aktualität.

Wir brauchen mehr Akteure wie den Deutschen Verein für Vermessungswesen (DVW) - Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e. V. und den Runden Tisch GIS e. V mit ihrem Leitfaden Geodäsie und BIM, um dem Ziel einer übergreifenden und durchgängigen Digitalisierung näherzukommen. Ich bin zuversichtlich, dass auch die weiteren Beteiligten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung mittlerweile verstanden haben, dass wir die digitale Transformation nur gemeinsam schaffen werden.

Ich danke allen Autorinnen und Autoren des Leitfadens für ihr Engagement und wünsche den Leserinnen und Lesern, dass sie bei der Lektüre des Leitfadens Geodäsie und BIM viele interessante und spannende Themen entdecken werden.

Ihr



Dr. Rolf Bösing



## Grußwort des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr

*Beitrag von Stefan Schnorr, Staatssekretär beim Bundesminister für Digitales und Verkehr*

Die Zukunft gehört dem digitalen Bauen und Planen – modellbasiert, kooperativ und effizient in allen Leistungsphasen. Die Methode Building Information Modelling (BIM) bietet einen innovativen Ansatz für die digital vernetzte Planung, Genehmigung, den Bau und den Unterhalt von Infrastrukturanlagen.

Die zunehmende Integration von BIM und Geodäsie ist eine wichtige Grundlage, um die Planungs- und Bauprozesse zu optimieren und auf eine breitere Datenbasis zu stellen. Mithilfe von digitalen Modellen und geodätischen Daten können mögliche Probleme frühzeitig erkannt und behoben werden. Die Zusammenarbeit aller Beteiligten in einem gemeinsamen Datenmodell fördert die Kommunikation zwischen Architekten, Ingenieuren und Bauunternehmern und sorgt für einen reibungslosen Ablauf. Risiken minimiert, da Bauzeiten und -kosten präzise prognostiziert werden können.



Das Ziel der Bundesregierung ist es, dass die Methode Building Information Modelling bei der Planung und dem Bau von Bundesverkehrswegen und im Bundeshochbau flächendeckend und nach bundeseinheitlichen Rahmenbedingungen angewendet wird.

Mit BIM Deutschland als nationales Zentrum für die Digitalisierung im Bauwesen haben wir eine hoch- und tiefbauübergreifende Initiative für Informationen, Wissen und Austausch rund um den BIM-Einsatz etabliert. Die beteiligten Fachbereiche der Bundesverwaltung, Länder, Kommunen und alle anderen beteiligten Akteure der Wertschöpfungskette Bau werden bei der BIM-Einführung durch technische Beratung sowie, Schulungs- und Fachaustauschveranstaltungen unterstützt, um ein harmonisiertes Vorgehen über die einzelnen Verkehrsträger sowie Tief- und Hochbau zu erreichen.

Ich danke den beteiligten Akteuren des Deutschen Vereins für Vermessungswesen (DVW) – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e. V., und dem Runden Tisch GIS e. V. für die Weiterentwicklung des Leitfadens Geodäsie und BIM. Ich bin sicher, dass die wachsende BIM-Gemeinde aus Unternehmen, Verwaltung und Wissenschaft in Forschung und Praxis von dieser wichtigen Referenzquelle profitieren werden.

Ihr

Stefan Schnorr

Staatssekretär beim

Bundesminister für Digitales und Verkehr



## Vorwort des DVW e. V. – Expertise der Geodäten gefragt

Beitrag von Prof. Dr.-Ing. Rudolf Staiger

Es freut mich sehr, dass der Leitfaden *Geodäsie und BIM* nun bereits in der 8. Auflage erscheint. Die große Anzahl an Downloads und das anhaltend starke Interesse verdeutlichen den weiterhin hohen Informationsbedarf zu diesem Thema.

Warum ist das so? Die Erfassung, Modellierung und Visualisierung der Erde zählen zu den Kernkompetenzen der Geodäten. Seit etwa 40 Jahren werden viele dieser Arbeitsprozesse digital durchgeführt. Dies beginnt bei der digitalen Bestandsdatenerfassung vor Ort, geht über die semantische Zuordnung und die Speicherung in Fachdatenmodellen und endet bei der Bereitstellung der Informationen mittels vernetzten lokalen und globalen Geodateninfrastrukturen. Dabei werden zwei- und dreidimensionale Geodaten in vielfältigen Prozessen kooperativ verarbeitet und bereitgestellt. Beispiele dafür sind die Geobasisdaten wie Liegenschaftskarte, Luftbilder, Landschaftsmodelle, aber auch Fachinformationen wie die Bodenrichtwertkarten, 3D-Stadtmodelle oder Leerstandskataster.



Mit der Einführung der BIM-Methode in der Bauwirtschaft vollzieht sich derzeit auch in dieser Branche ein Wandel hin zu digitalen Prozessen und kollaborativem Arbeiten. Geodäten spielen dabei eine zentrale Rolle und sind in vielen Prozessen der Bauwirtschaft direkt eingebunden. Dies beginnt mit der planungsbegleitenden Vermessung für die Planung und den Entwurf von Gebäuden, Ingenieurbauwerken, Verkehrsanlagen sowie für Flächenplanungen, geht weiter mit der Bauvermessung vor und während der Bauausführung sowie der abschließenden Bestandsdokumentation von Gebäuden, Ingenieurbauwerken und Verkehrsanlagen und endet mit sonstigen vermessungstechnischen Leistungen. Hier können die Geodäten ihre langjährige Erfahrung in der Digitalisierung einbringen und die zukünftigen BIM-Prozesse aktiv mitgestalten.

Der DVW e. V. als technisch wissenschaftlicher Verein unterstützt durch den jährlich aktualisierten Leitfaden *Geodäsie und BIM* seit 2017 konkret diese Entwicklung. Der Leitfaden wird durch ein Redaktionsteam aus dem DVW-Arbeitskreis »BIM« in Kooperation mit dem Runden Tisch GIS e. V. zusammengestellt. Er soll Ihnen Antworten und Anregungen geben und Sie bei der Umsetzung der BIM-Methode wirkungsvoll unterstützen.

Ihr

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Rudolf Staiger'. The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the end.

Rudolf Staiger  
Präsident DVW e.V.



## Vorwort des Runden Tisch GIS e. V.

*Beitrag von Prof. Dr. Thomas H. Kolbe*

Building Information Modeling zieht als wichtige Methode der Digitalisierung des Planens und Bauens bereits seit einiger Zeit in die praktische Arbeit in der Geodäsie, Architektur und dem Bauwesen ein. Wie in anderen Bereichen der Digitalisierung auch führt dies zu grundlegenden Änderungen an bestehenden Vorgaben, Prozessen und Arbeitsweisen. Zentraler Bestandteil von BIM ist die Erstellung und Führung einer digitalen Bauakte, die die verschiedenen Entwurfsstände, die Bauprozessplanung und nicht zuletzt die Dokumentation des erstellten Bauwerks in menschen- und maschineninterpretierbarer Form umfasst.



Die Geodäsie spielt bei dem Thema BIM dort eine Rolle, wo

- 1.) die Grundlagen für die Planung bereitgestellt werden müssen (u. a. amtlicher Lageplan, Bauleitplanung);
- 2.) die BIM-Planung auf die Baustelle übertragen und dort realisiert werden soll;
- 3.) die Konstruktion im Sinne einer Baufortschrittskontrolle und der Bau- und Schadensdokumentation überprüft werden muss („As-Built“-Dokumentation);
- 4.) BIM-Modelle für schon bestehende Bauwerke erzeugt werden sollen („BIM-as-Built“) – zur Dokumentation sowie auch zur Unterstützung des Bauens im Bestand;
- 5.) Infrastrukturbauten mit großer Ausdehnung wie zum Beispiel Brücken, Tunnel, Talsperren und Straßen modelliert werden müssen, bei denen die Auswirkungen der Erdkrümmung im digitalen Modell nicht mehr vernachlässigt werden können;
- 6.) BIM-Modelle in 3D-Stadtmodelle zum Zwecke von Simulationen und Visualisierungen integriert werden sollen.

Für viele der genannten Aufgaben kommen Geoinformationssysteme zum Einsatz, nicht zuletzt, weil sie auf die Verarbeitung größter Datenmengen sowie den korrekten Umgang mit georeferenzierten Daten ausgelegt sind. GIS erweitern die bisherige Palette an Softwarewerkzeugen im BIM-Umfeld. Die Einführung der BIM-Methode bietet insgesamt vielfältige Chancen für die Geodäsie und Geoinformatik, sich in die Umsetzung einzubringen. Aus diesem Grund wurde das Thema BIM und GIS von den Mitgliedern des Runden Tisch GIS e. V. bereits seit einigen Jahren als wichtige Entwicklung aufgegriffen. Regelmäßig beschäftigen sich Vortragsitzungen unserer jährlichen Veranstaltungen, wie die Münchner GI-Runde, mit dem Thema. Gemeinsam mit dem Leonhard Obermeyer Center der Technischen Universität München beteiligt sich der Runde Tisch GIS e. V. an weiteren Veranstaltungen zum Thema BIM-GIS-Integration, wie der BIM World Munich und einem 2022 erstmals durchgeführten Expertenworkshop mit der buildingSMART-Regionalgruppe Bayern als weiterem Partner. Mit einer neuen Kooperation zwischen Runder Tisch GIS e.V. und buildingSMART Deutschland zur Vorstandardisierung wird das Ziel einer optimierten Nutzung von GIS-Daten für Building Information Modeling verfolgt.

Der Runde Tisch GIS e. V. bringt seit seiner Einrichtung regelmäßig Leitfäden zu aktuellen Entwicklungen und Themen im Bereich der Geoinformationssysteme heraus. Die Leitfäden sollen den Lesern eine kompakte sowie kompetente Einführung in das fachliche Thema geben. Beispiele aus der Praxis zeigen, wie Nutzer in Kooperation mit Firmen und ihren Produkten Lösungen für konkrete Fragestellungen umgesetzt haben. Schließlich wird auch immer eine Übersicht über Produkte und Dienstleistungen gegeben, was die Leitfäden insgesamt zu Nachschlagewerken und Entscheidungshilfen macht.

Ich freue mich außerordentlich über den großen Erfolg und die starke Verbreitung des erstmals im Jahr 2017 gemeinsam mit der Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (DVW) e. V. konzipierten und erstellten Leitfadens Geodäsie und BIM. Auch die vorliegende Version des Leitfadens soll Ihnen, liebe Leserin und lieber Leser, einen Überblick über die fachlichen Anforderungen und Grundlagen sowie erfolgreiche Beispiele aus der Praxis und über Produkte geben. Erstmals kommt in der vorliegenden Version des Leitfadens der Aktivitätenkatalog des Runden Tisch GIS e.V. als Archiv für Praxisbeiträge aus früheren Versionen des sowie als Repositorium für weiterführende Dokumente zum Einsatz. Der Katalog steht Ihnen unter <https://katalog.rundertischgis.de> zur Verfügung.

Im Namen des Vorstands bedanke ich mich bei den zahlreichen Autoren und insbesondere dem Redaktionsteam.

Mein Dank gilt auch den Firmen und Behörden, die mit Ihren Anzeigen die Erstellung und Herausgabe finanziell unterstützt haben. Ich hoffe, dass die Version 4.0 des Leitfadens eine ähnlich große Resonanz findet wie seine Vorläufer.

Ein anregendes Studium des Leitfadens und neue Einsichten wünscht Ihnen nun

Ihr

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Thomas Kolbe', written in a cursive style.

Thomas H. Kolbe  
Vorstandsvorsitzender des Runden Tisch GIS e. V.


## Inhaltsverzeichnis<sup>1</sup>

<b>Thesenpapier des DVW e. V.</b> .....	<b>18</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>19</b>
<b>2 Grundlagen</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1 Grundlagen und Informationsmanagement der BIM-Methode</b> .....	<b>21</b>
2.1.1 Die Methode BIM .....	21
2.1.2 BIM-Anwendungsfälle .....	24
2.1.3 Bauwerksmodellierung für BIM .....	25
2.1.4 Prozesse und Management .....	28
2.1.5 BIM-Methode – Stand der Einführung.....	36
2.1.6 Building Information Modeling für den Infrastrukturbau .....	42
2.1.7 Fazit .....	50
<b>2.2 Georeferenzierung</b> .....	<b>54</b>
2.2.1 Mathematische Ebene – Grundlagen.....	55
2.2.2 Pragmatische Ebene – Praxis.....	59
2.2.3 Software- und Datenaustausch-Ebene .....	65
2.2.4 Zusammenfassung.....	68
<b>2.3 CAD, BIM und GIS – digitale Modelle der gebauten Umwelt</b> .....	<b>69</b>
2.3.1 Von CAD zu BIM als Planungsgrundlage im Bauwesen .....	69
2.3.2 Bauwerksmodelle im Vergleich – Modellierungskonzepte in BIM und GIS .....	70
2.3.3 Geobasis- und Geofachdaten als Planungsgrundlage und Visualisierungsinstrument .....	76
2.3.4 Interoperabilität – Methoden der Integration .....	82
2.3.5 Zusammenfassung.....	84
<b>2.4 BIM in der Ingenieurvermessung</b> .....	<b>86</b>
2.4.1 Aufgaben der Ingenieurvermessung .....	86
2.4.2 Planungsbegleitende Vermessungen mit BIM .....	87
2.4.3 Baubegleitende Vermessung mit BIM .....	93
2.4.4 Betrieb und Unterhaltung .....	96
2.4.5 Neue Aufgabenfelder für den Vermessungsingenieur? .....	96
2.4.6 Zusammenfassung.....	96
<b>2.5 Geodäsie und BIM – die rechtlichen Aspekte</b> .....	<b>99</b>
2.5.1 Einleitung .....	99
2.5.2 Leistungspflichten .....	99
2.5.3 Vergütung.....	100
2.5.4 Die Haftung bei Einsatz der BIM-Planungsmethode .....	101
2.5.5 Schutz des geistigen Eigentums, Datenschutzrechte .....	103
2.5.6 Vergaberecht.....	104
2.5.7 Ergebnis .....	104
<b>2.6 Geodäsie und BIM in der Entwicklung</b> .....	<b>106</b>
2.6.1 3D-Lageplan zum Baugesuch.....	106
2.6.2 Verlinkte Datencontainer für die Datenübergabe .....	114
2.6.3 Vorschlag für Lehrinhalte „Geodäsie und BIM“ + .....	117

<sup>1</sup> + neuer Artikel     aktualisierter Artikel

<b>2.7 BIM und GIS-Integration – standardisierte, offene Datenformate .....</b>	<b>121</b>
2.7.1 Einführung .....	121
2.7.2 Industry Foundation Classes (IFC) .....	122
2.7.3 CityGML 3.0 und weitere Standards im Bereich Urban Information Modeling .....	126
2.7.4 Weitere Standards/Formate .....	136
<b>3 BIM in der Praxis .....</b>	<b>138</b>
<b>3.1 BIM in der Ingenieurvermessung .....</b>	<b>138</b>
3.1.1 Vom Laserscan zum BIM-Modell – Bestandsdaten effizient in BIM-Projekte überführen ☺ .....	138
3.1.2 Bestandsdokumentation für die BIM-orientierte Entwurfsplanung .....	142
3.1.3 BIM für die Infrastruktur – Praxischeck mit der HPC AG .....	145
3.1.4 TLS-gestützte Geometrieüberprüfung einer Schleusenkammer auf Basis eines BIM-as-planned-Modells .....	148
3.1.5 Next Generation Scan-to-BIM: Ein neuer Ansatz zur strukturierten Datenerfassung für as-built Indoor-Modelle .....	151
3.1.6 Verfügbarkeitsprojekt A10/A24 – Lebenszyklusansatz mit openBIM .....	154
3.1.7 Geodätischer Raumbezug der Eisenbahn-Infrastruktur .....	157
3.1.8 Scan2BIM – Erfahrungsbericht zur Modellierung mit Revit und Allplan ...	160
3.1.9 Vermessungsarbeiten im Rahmen eines BIM-Projekts für die Deutsche Bahn .....	164
3.1.10 Digitale Zwillinge & GeoBIM bei der historischen Berliner Siemensbahn.	167
3.1.11 Open-BIM im Bestand – Der Factory Campus Düsseldorf .....	170
3.1.12 BIM-Fachmodelle in der Eisenbahn Infrastruktur + .....	174
3.1.13 Bestandsmodellierung der Drewer Brücke in Marl innerhalb des Projektes BIM.Ruhr + .....	177
3.1.14 BIM-konforme Vorabmaßnahme für die Planung und Neuunterbringung des Paul- Ehrlich-Instituts in Langen + .....	180
3.1.15 Baubegleitende Vermessung am Münchener Flughafen + .....	184
3.1.16 Datengrundlagen für eine BIM-konforme Entwurfsvermessung der Eisenbahnüberführung Lindwurmstraße in München + .....	187
3.1.17 BIM-gerechte Erfassung eines Schlosses aus dem 19. Jahrhundert in Praxis und Ausbildung + .....	190
3.1.18 Schloss Rochsburg: Gebaut in 800 Jahren, vermessen in drei Wochen + .....	193
3.1.19 3D Scanning mit dem Smartphone für Poliere, Abrechner und Bauleiter + .....	196
3.1.20 Bestandserfassung historischer Bauwerke mithilfe digitaler Methoden + .....	200
3.1.21 Sanierung eines Schulkomplexes in Mönchengladbach: Erfassung und Modellierung eines Bestandsmodells aus Sicht des Planungsbüros + .....	202
3.1.22 Qualitätsanforderungen an BIM-konforme Bestandsmodelle + .....	205
3.1.23 Archivierte Artikel vor Version 3.0 im digitalen Repositorium .....	213
<b>3.2 Integration von BIM und GIS .....</b>	<b>216</b>
3.2.1 3D- und VR-Visualisierungen auf Basis von GIS-Daten vereinfachen die (Zusammen-)Arbeit ☺ .....	216
3.2.2 Digitale Geodaten – Gold des 21. Jahrhunderts nutzen ☺ .....	220
3.2.3 Landschaftsplanung und BIM – Praxisbeispiel aus dem Straßenbau + ...	223
3.2.4 Verknüpfung von BIM, GIS und LCAs - Automatisierte Ökobilanzierung von georeferenzierten BIM-Modellen mit 3D Ergebnisvisualisierung in einer GIS- Umgebung + .....	226
3.2.5 Georeferenzierung vs. lokale Systeme am Beispiel der DB InfraGO AG Personenbahnhöfe + .....	230

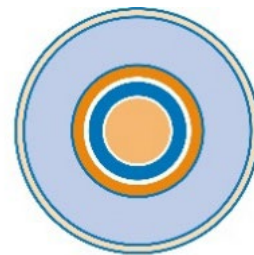


3.2.6	BIM-Einführung im Tiefbauamt des Kantons Basel-Stadt: BIM@infraBS - IDMs als zentraler Schlüssel + .....	234
3.2.7	BIM-GIS-Integration im Rahmen der Planung von Infrastrukturprojekten + .....	237
3.2.8	DB Regio Werke – Erfassung per mobilem Multisensorsystem NavVis VLX 3, 3D-Modellierung und ArcGIS Indoors Integration + .....	241
3.2.9	Archivierte Artikel vor Version 3.0 im digitalen Repositorium.....	244
<b>3.3</b>	<b>BIM – Prozesse und Management.....</b>	<b>247</b>
3.3.1	BIM.Hamburg – ein interdisziplinärer Ansatz für Hoch- und Tiefbau .....	247
<b>4</b>	<b>Handlungsempfehlungen.....</b>	<b>252</b>
<b>4.1</b>	<b>Arbeiten im „lokalen CRS“ .....</b>	<b>252</b>
4.1.1	Einleitung .....	252
4.1.2	Grundlegendes zur Georeferenzierung bei Bauprojekten.....	252
4.1.3	Georeferenzierung – LPCS (Local Projected Coordinate System) .....	253
4.1.4	Master-IFC mit Koordinationskörper .....	255
4.1.5	Zusammenfassung des Workflows .....	257
<b>4.2</b>	<b>Herausforderungen bei der Einführung der BIM-Methode .....</b>	<b>258</b>
4.2.1	Einleitung .....	258
4.2.2	BIM Anwendungsfälle (AwF).....	259
4.2.3	Umgang mit Verzerrungsverhältnissen nach dem Bezugssystemwechsel auf ETRS89/UTM und DHHN2016/NHN.....	261
4.2.4	Kooperative Arbeitsweise.....	263
4.2.5	Vertragliche Regelungen.....	264
4.2.6	Verwendete Abkürzungen.....	264
4.2.7	Quellen .....	264
<b>4.3</b>	<b>BIM im Ingenieurbüro – denken wir neu! .....</b>	<b>266</b>
4.3.1	Einleitung .....	266
4.3.2	BIM-Notwendigkeit, Chancen & Motivation .....	267
4.3.3	Konkretisierung BIM-basierte geodätische Anwendungen .....	268
4.3.4	BIM-Strategie dokumentieren, implementieren & kommunizieren .....	268
4.3.5	Erfolgreiche Umsetzung.....	269
4.3.6	Verwendete Abkürzungen.....	270
4.3.7	Quellen .....	270
<b>4.4</b>	<b>Vorteile und Nutzungsmöglichkeiten bei der Verwendung von (amtlichen) Geodaten in BIM-Autorensoftware mit dem CityBIM-Plug-in .....</b>	<b>271</b>
<b>4.5</b>	<b>Konvertierung und Bereitstellung von standardkonformen Digitalen Geländemodellen im BIM-Kontext .....</b>	<b>274</b>
<b>5</b>	<b>Produkte.....</b>	<b>277</b>
<b>5.1</b>	<b>Software .....</b>	<b>277</b>
5.1.1	Autodesk Civil 3D und InfraWorks .....	278
5.1.2	Autodesk Revit.....	279
5.1.3	Scan2BIM mit Autodesk Revit.....	280
5.1.4	Autodesk Construction Cloud.....	281
5.1.5	ALKIS NAS Daten für CAD und GIS-Systeme + .....	282
5.1.6	Automatisierte Auswertung von Punktwolken mit Autodesk ReCap Pro + .....	283
5.1.7	Autodesk Civil3D und XPlanung + .....	284
5.1.8	ArcGIS Pro: Die GIS-Anwendung für GIS- und BIM-Workflows .....	285
5.1.9	FME Technologie  .....	286

5.1.10 card_1 – BIM in Vermessung, Straßen-, Bahn- und Kanalplanung ☺	287
5.1.11 Vectorworks Landschaft für CAD-GIS-BIM	288
5.1.12 Planen + Bauen + Betreiben = pit-BIM	289
5.1.13 NavVis – Digitale Gebäude Aufnahmen, Visualisierung & Positionierung ☺	290
5.1.14 PHIDIAS	291
5.1.15 SGJ-nD-Datenhaltung für BIM-Daten	292
5.1.16 X-PAD Office Fusion – die Bürosoftware für räumliche Daten	293
5.1.17 KorFin – dynamisch in 5 Dimensionen	294
5.1.18 Leica Cyclone FIELD 360 – Perfekte Endergebnisse beginnen mit perfekten Scandaten +	295
5.1.19 Leica Cyclone REGISTER 360 PLUS – Automatisierung liefert bessere Ergebnisse und spart Zeit +	296
5.1.20 Leica Cyclone ENTERPRISE – Datenhosting und -management +	297
5.1.21 Leica Cyclone 3DR – spezialisierte Workflows für alle Anwendungsbereiche +	298
5.1.22 Leica CloudWorx – in der gewohnten CAD-Umgebung arbeiten +	299
5.1.23 Leica TruView – Änderungen augenblicklich verfolgen +	300
5.1.24 Reality Cloud Studio, powered by HxDR – Punktwolkenverarbeitung in der Cloud +	301
5.1.25 rmDATA 3DWorx: Punktwolken intuitiv und effizient verarbeiten ☺	303
5.1.26 GEOgraf – CAD, GIS, BIM ☺	304
5.1.27 SAMO Strategic Asset Management & Operations ☺	305
5.1.28 moGI Planner ☺	306
5.1.29 Der isl-baustellenmanager	307
<b>5.2 Dienstleistungen</b>	<b>308</b>
5.2.1 con terra GmbH – Anbieter intelligenter, integrierter GIS-Lösungen ☺	309
5.2.2 BIM Ready – Die Ausbildung für mehr Produktivität ☺	310
5.2.3 Bauen im Bestand – BIM fängt beim Aufmaß an – präzise Planung setzt ein präzises Aufmaß voraus – 3D-BIM-Modelle als Planungsgrundlage	311
5.2.4 BIM-Beratung ☺	312
5.2.5 PHOCAD GmbH – Datenerfassung, Auswertung und Modellierung	313
5.2.6 Einfache BIM-Integration für Planung und urbane Simulation ☺	314
5.2.7 Grundlagenermittlung durch 3D-Laserscanvermessung, Photogrammetrie und sachgerechte Planfertigung/3D-Modellierung	315
5.2.8 BIM Center Aachen – Forschungszentrum und branchenübergreifendes Netzwerk für digitales Bauen und Betreiben	316
5.2.9 BIM-Qualifizierung ☺	317
5.2.10 Lumoview – 3D-Bestandserfassung in 2 Sekunden pro Raum	318
5.2.11 Modellierung von BIM-Modellen ☺	319
5.2.12 BIM: Besondere Haftungsfragen mit Blick auf „KI“ +	320
<b>6 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>321</b>
6.1 Zusammenfassung	321
6.2 Ausblick	327
<b>Ansprechpartner und Autoren</b>	<b>330</b>



DVW – Gesellschaft für Geodäsie,  
Geoinformation und Landmanagement e.V.



**RUNDER TISCH GIS E.V.**

**RWTHAACHEN  
UNIVERSITY**

**Hochschule Bochum**  
Bochum University  
of Applied Sciences



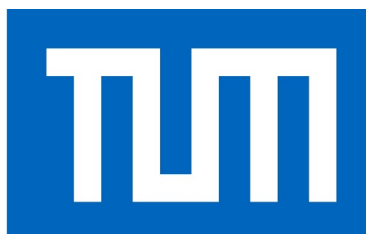
**HTW****D**

Hochschule für Technik und  
Wirtschaft Dresden  
Hochschule für angewandte Wissenschaften  
University of Applied Sciences



**FACHHOCHSCHULE  
ERFURT UNIVERSITY  
OF APPLIED SCIENCES**

Technische  
Universität  
München



## Thesepapier des DVW e. V.

*Vertreten durch den Arbeitskreis 3 (Christian Clemen)*

Das Thesepapier ordnet die Position der Geodäsie im Themenfeld Building Information Modeling (BIM) ein. Die folgenden sieben Thesen basieren auf dem fachlichen Austausch der beiden beteiligten Arbeitskreise und des gemeinsam mit dem Runden Tisch GIS e. V. erstellten Leitfadens „Geodäsie und BIM“. Sie sind abgeleitet aus dem Stand der Diskussion zum Herbst 2022.

Thesen:

1. Die Geodäten unterstützen die Methode des digitalen Planens, Bauens und Betreibens (BIM) bei allen Bauvorhaben und die Nutzung offener und moderner Standards als einheitliche Verfahrensweise im gesamten Lebenszyklus.
2. Die Geodäten spielen durch ihre langjährige Kompetenz in der Digitalisierung und im Datenmanagement eine zentrale Rolle in der Verknüpfung zwischen Realwelt und den mit der Methode BIM erzeugten digitalen Modellen. Diese Modelle bilden die Integrationsplattform für die Entwicklung unterschiedlicher Sensorfusionen.
3. Zur kollaborativen Arbeit mit der Methode BIM ist ein angepasstes Leistungsbild erforderlich.
4. Planungs- und Genehmigungsprozesse erfordern zwingend die komplementäre Nutzung von Geodaten und Bauwerksdaten. Ein interoperabler Datenaustausch ist ein wichtiges Qualitätsinstrument in einer vernetzten Welt.
5. Voraussetzung für den Einsatz der Methode BIM ist eine digitale 3D-Bestandsaufnahme und die Integration der BIM-Modelle in die bestehenden Geodateninfrastrukturen. 2D-Geobasisdaten sind nicht mehr ausreichend für die 3D-Planung in BIM.
6. Bei jeglichen Bauvorhaben ist die Beziehung zwischen den Raumbezugssystemen des Bauwesens und der Geodäsie zwingend zu beachten.
7. Jede Leistungsphase erfordert die Kopplung von BIM zu Vermessung und/oder GIS.

# 1 Einleitung

*Beitrag von Robert Kaden*

Der große und ungebremste Erfolg des Leitfadens „Geodäsie und BIM“ basiert im Wesentlichen auf den Beiträgen der Berufskolleginnen und -kollegen der Geodäsie und Geoinformatik in der Praxis. Mit Downloadzahlen im fünfstelligen Bereich sowie mit weit über eintausend Google-Treffern und Zitationen besitzt er heute eine beachtliche Reichweite und ist als Nachschlagewerk für Fachleute im deutschsprachigen Raum etabliert. In diesem Jahr erhielt der gemeinsam von DVW – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e. V. und dem RTG – Runde Tisch GIS e. V. publizierte Leitfaden eine umfangreiche Auffrischung mit neuen spannenden Beiträgen und interaktiven Inhalten rund um das Thema Geodäsie und BIM.

Seit der erstmaligen Herausgabe im Herbst 2017 hat sich der Leitfaden „Geodäsie und BIM“ zu einem maßgeblichen Nachschlagewerk in der Schnittmenge zwischen Geodäsie und Building Information Modeling (BIM) etabliert. Rückmeldungen aus der Praxis und die hohe Zahl von Fortbildungsseminaren belegen die aktive Auseinandersetzung der Praktiker mit BIM. Auch in der Politik wurden seit der ersten Version des Leitfadens weitere Weichen in Richtung aktiver Nutzung von BIM gestellt. Neben dem häufig zitierten Stufenplan des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI 2015) zur verpflichtenden Einführung der BIM-Methode bei öffentlichen Infrastrukturprojekten wurde auch durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB 2017) und durch den Koalitionsvertrag für Nordrhein-Westfalen 2017-2022 ein klares Bekenntnis zur Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei der Planung, dem Bau und Betrieb von Bauwerken formuliert. Durch die Normierungsroadmap, die im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums durch das Normungsinstitut DIN mit dem Verein Deutscher Ingenieure, buildingSMART Deutschland und BIM Deutschland für die Entwicklung von Normen und Standards für das Building Information Modeling erarbeitet wird, entstehen weitere verbindliche Grundlagen. BIM erlebt aus diesem Grund weiter eine rasante Entwicklung, welcher durch diese aktualisierte Version 4.0 des Leitfadens Rechnung getragen werden soll.

BIM ist wesentlicher Bestandteil der aktuellen Initiative „Digitales Planen und Bauen 4.0“. Statt CAD-basierter Bauzeichnungen wird eine virtuelle Kopie des geplanten Bauwerks erstellt und über den gesamten Lebenszyklus, von der Designphase über die Planungs- und Bauausführungsphase, über die Bewirtschaftung des Gebäudes bis zu seinem Umbau oder Rückbau, genutzt. BIM soll eine verbesserte Visualisierung von Projektvarianten, deutlich weniger Planungsfehler und einen reibungsloseren Bauablauf auf der Grundlage von computergestützter Kollaboration und Simulationen bieten. Für den Geodäten und seine tägliche Arbeit stellen sich damit eine Reihe von Fragen, z.B. inwieweit ändern sich die Prozesse in Hochbau, Tiefbau und Infrastrukturbau sowie welchen Einfluss hat dies auf die Ingenieurgeodäsie? Wie können raumbezogene Daten BIM-konform erfasst, verwaltet, berechnet und visualisiert werden? Gibt es Seiteneffekte für das Landmanagement und die öffentliche Vermessungsverwaltung mit ihren Geobasisdaten und Geodateninfrastrukturen? Wie können BIM- und GIS-Daten gemeinsam genutzt bzw. ausgetauscht werden und wie funktioniert eigentlich eine zuverlässige Georeferenzierung in BIM-Systemen? Welche rechtlichen Fragestellungen gilt es derzeit und künftig zu beachten?

Der DVW und der RTG nahmen sich diesen und weiteren Fragen an und erstellten in Zusammenarbeit mit Experten aus Wissenschaft, Unternehmen und Verwaltung den aktuellen Leitfaden Geodäsie und BIM. Dem Leitfaden vorangestellt ist das Thesenpapier des DVW e. V. Dieses ordnet die Position der Geodäsie im Themenfeld BIM ein. Der Leitfaden richtet sich an Vermessungs- und Bauingenieure, Geodatenmanager, BIM-Manager, BIM-Koordinatoren sowie Planer in Unternehmen und Verwaltung. Er fokussiert die praktische Umsetzung der BIM-Methode aus geodätischer Sicht mit den folgenden Themenschwerpunkten:

**BIM in der Ingenieurgeodäsie:** Wie wirkt sich BIM auf die ingenieurgeodätischen Leistungen Bestandsdokumentation, Absteckung und Monitoring aus? Welche Anforderungen ergeben sich bei Planung, Entwurf, Bauausführung und Bewirtschaftung von Bauwerken für Geodäten?

**GIS und BIM:** Wie können Bauwerksmodelle (BIM) mit Geobasisdaten wie Liegenschaftskataster, Gelände, Landschafts- und 3D-Stadtmodellen (GIS) gemeinsam genutzt werden?

**Geodätische Datenerfassung für BIM:** Wie können die Sensordaten des Laserscannings, Totalstationen und UAVs in BIM integriert werden?

**BIM im Vermessungsbüro:** Welche neuen Geschäftsfelder können durch die BIM-Methode erschlossen werden?


Die Themenschwerpunkte werden in vier Hauptkapitel gegliedert. Hierzu schließt sich an diese Einleitung das Kapitel 2 an, welches die Grundlagen des Building Information Modeling sowie BIM in Bezug zur Geodäsie umfasst. Dieses Kapitel wurde hauptsächlich durch die BIM-Experten des Redaktionsteams erstellt.

Kapitel 3 beinhaltet die Praxisbeiträge von BIM-Spezialisten aus der Wirtschaft und Verwaltung, welche dem Aufruf zur Beteiligung am Leitfaden gefolgt sind. Die Beiträge basieren entweder auf einem realen Praxisprojekt oder einem konstruierten Beispiel und gliedern sich in die Unterkapitel BIM in der Ingenieurvermessung, Integration von BIM und GIS sowie BIM – Prozesse und Management.

Kapitel 4 zeigt konkrete Handlungsempfehlungen bei der Umsetzung geodätischer Leistungen in BIM, welche anhand von Machbarkeitsstudien und praktischen Erfahrungen der Autoren erstellt wurden.

Kapitel 5 umfasst eine Auswahl an BIM-Softwareprodukten und -Dienstleistungen mit geodätischem Bezug, welche durch die BIM-Experten aus Wirtschaft und Verwaltung vorgeschlagen wurden. Die Produkte werden kurz und prägnant in Katalogform dargestellt und bieten einen Überblick für BIM-interessierte Geodäten.

Eine Zusammenfassung der Beiträge mit einem Ausblick in Kapitel 0 runden den Leitfaden Geodäsie und BIM ab.

Beiträge, welche im Rahmen der Fortschreibung (gegenüber der letzten Version 3.2) überarbeitet oder neu erstellt wurden, sind hinter dem Abschnittsnamen zur besseren Orientierung mit dem Symbol  für einen aktualisierten Artikel und mit + für einen neuen Artikel markiert worden.

Die im Leitfaden verwendeten Personenbezeichnungen **schließen alle Geschlechter** ein.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Grundlagen und Informationsmanagement der BIM-Methode

Beitrag von Jörg Blankenbach, Christian Clemen und Ralf Becker

Der globale Wandel zur Digitalisierung in zahlreichen Bereichen von Gesellschaft, Verwaltung sowie Technik und Produktion stellt auch für das Bauwesen eine der wichtigsten Herausforderungen der Zukunft dar. Gegenüber anderen Bereichen von Wirtschaft und Industrie hat die Bauwirtschaft (Construction Industry) – zumindest in Deutschland – zudem einen Nachholbedarf (vgl. Abbildung 2.1-1). Im Bauwesen wird die Digitalisierung insbesondere durch die Einführung der neuartigen Methode des *Building Information Modeling (BIM)* vorangetrieben. Neben den üblichen Vorteilen der Digitalisierung haben dazu in Deutschland auch Diskussionen um (erhebliche) Termin- und Kostenüberschreitungen bei einer Reihe von Großprojekten geführt.

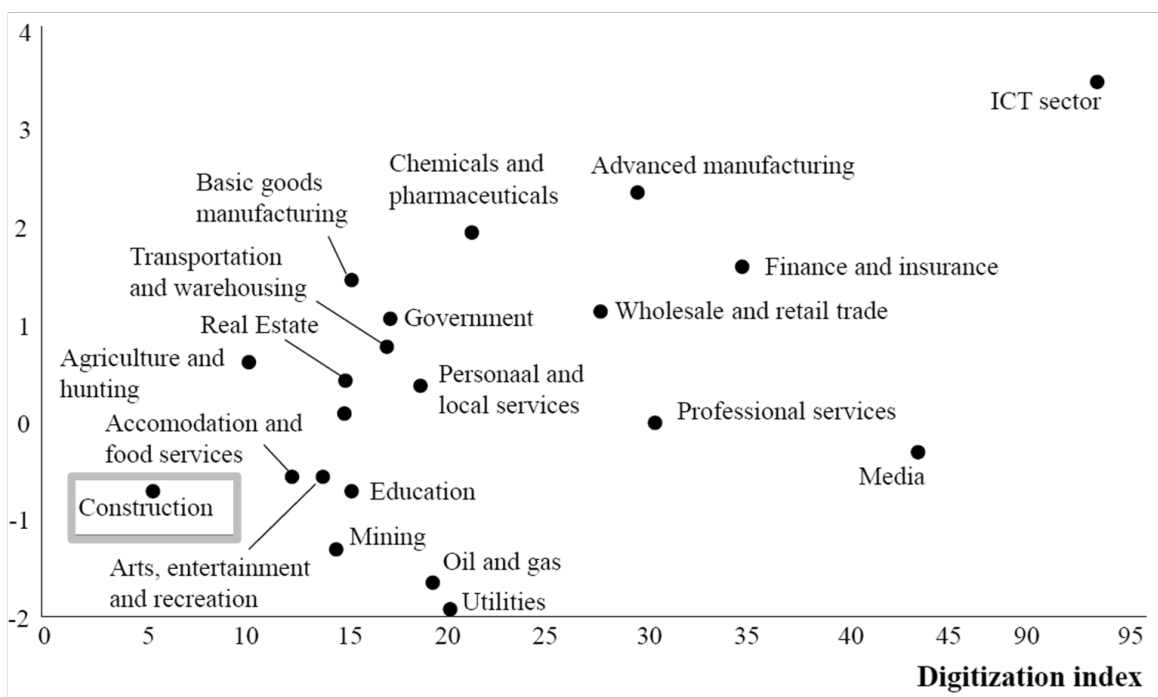


Abb. 2.1-1: Der Digitalisierungsindex gibt die digitale Durchdringung von Industriezweigen in [%] und die zeitliche Veränderung seit 1997 an, wobei Level 1 den 1997 führenden Industriebereichen entspricht (Quelle: Remes et al. 2018, Grafik nach Talamo 2020).

#### 2.1.1 Die Methode BIM

An Planung, Herstellung und Bewirtschaftung von Bauwerken sind verschiedenste Fachdisziplinen (u. a. Architektur, Bauingenieurwesen, Vermessung, Haustechnik etc.) hochgradig interdisziplinär beteiligt. Fehlende Abstimmung durch mangelnden Informationsaustausch und -abgleich (z. B. fragmentierte Daten, inkonsistente Modellierung, Medienbrüche, fehlende zeitliche Abstimmung) zwischen den Gewerken führen in der Praxis jedoch häufig zu Fehlern, Verzögerungen und damit letztlich zu Kostensteigerungen.

Das Ziel von BIM als einer neuartigen Methode des digitalen Planens, Bauens und Betriebens ist gemäß nationaler (BMVI 2015b) und internationaler (z. B. NBIM 2019) Definitionen die konsequente digitale Modellierung aller Eigenschaften eines Bauwerks zur Unterstützung sämtlicher Prozesse am Bauwerk in einem gemeinsamen, ganzheitlichen Modell sowie der darauf basierende transparente

Datenaustausch zwischen allen beteiligten Akteuren und Fachdisziplinen. BIM endet dabei nicht mit der Planungs- oder Ausführungsphase, sondern betrachtet den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks über den Herstellungsprozess hinaus (Abbildung 2.1-2). Sie wendet sich somit auch an den Betrieb und die Bewirtschaftung (das Facility Management) eines Bauwerks. BIM erfordert damit eine hochgradig kooperative Arbeitsweise zwischen den Beteiligten, insbesondere bei der Verwaltung sowie dem Austausch aller relevanten Daten und Informationen basierend auf einer einzigen, konsistenten Datenquelle („single source of truth“).

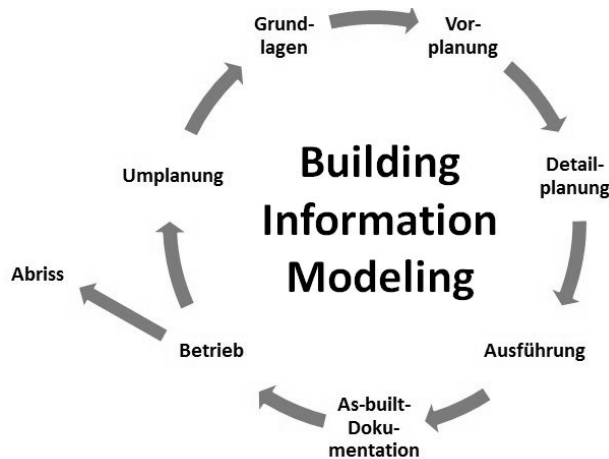


Abb. 2.1-2: BIM im Bauwerkslebenszyklus.

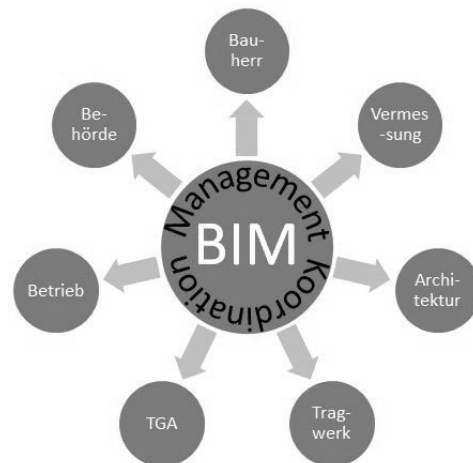


Abb. 2.1-3: BIM und die Gewerke am Bauwerk.

Der Aufbau einer digitalen, ganzheitlichen und einheitlichen Datenumgebung verbessert den Datenaustausch und ermöglicht mit der durchgängigen Anwendung von BIM eine kollaborative Planung zwischen allen Gewerken (Abbildung 2.1-3). Mit der Methode BIM begibt sich die Bauindustrie auf den Weg zu einem durchgängigen digitalen, modellbasierten Informationsaustausch. Divers ist dabei jedoch vor allem die Interessenlage von öffentlichen und privaten Bauherren, Projektentwicklern, Generalplanungsunternehmen, Bauunternehmen, Objektplanern, Fachingenieuren, Handwerkern, Baumittelherstellern, Genehmigungsbehörden und, nicht zuletzt, Bausoftwareherstellern. Jeder an einem Bauprojekt beteiligte Akteur bringt neben seinen Interessen, seine eigene Lösungskompetenz und Problemperspektive mit und hat somit spezielle Informationsanforderungen in einem Bauprojekt.

Mit BIM ist auch die Hoffnung verbunden, dass beim Übergang zwischen den einzelnen Phasen des Lebenszyklus kein Wissen bzw. keine Information verloren geht und dass durch deutlich höhere Transparenz die Koordination zwischen den Beteiligten verbessert sowie Unstimmigkeiten und Fehler bereits in frühen Planungsphasen aufgedeckt und behoben werden können. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung für Planungs-, Betriebs- und Kostensicherheit sowie eine möglichst effiziente Bauausführung und Bewirtschaftung.

Neben den konstruktiven Eigenschaften eines Bauwerks sollen auch die technischen, funktionalen und kaufmännischen Aspekte wie das Zeit- und Kostenmanagement durch BIM abgebildet werden. Die Basis dieser integrierten digitalen *Bauwerks-Informations-Modellierung* stellen digitale bauteilorientierte dreidimensionale Modelle dar (Abbildung 2.1-4).



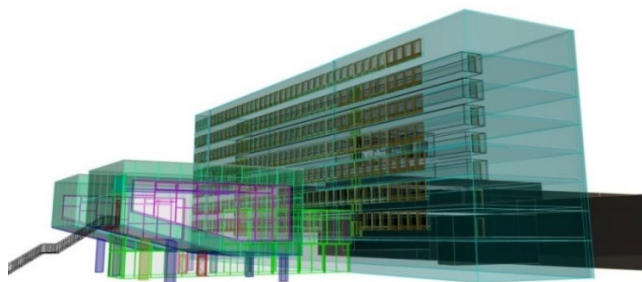


Abb. 2.1-4: BIM-(Architektur)Modell des Fakultätsgebäudes für Bauingenieurwesen der RWTH Aachen (Quelle: gia, RWTH Aachen University).

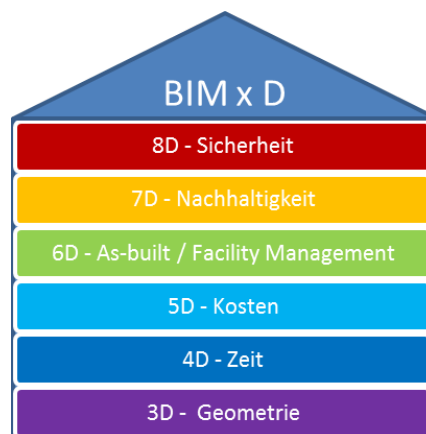


Abb. 2.1-5: BIM x D.

Durch die Erweiterung um diese zusätzlichen Aspekte wird ein BIM-Modell zu einem multidimensionalen Bauwerksmodell (z. B. 4D – Zeitmanagement, 5D – Kostenmanagement bis 6D – Facility Management) und darüber hinaus (Abbildung 2.1-5) (Smith 2014, Eastman et al. 2011).

Hieraus resultieren auch die vereinzelt ebenfalls verwendeten Akronymauflösungen für *Building Information Management* und *Building Information Model* (siehe auch Kapitel 2.1.4). Im erstgenannten Fall wird damit die Herausforderung der digitalen Verwaltung und des Austauschs aller fachspezifischen Daten inklusive der kaufmännischen Aspekte, im zweiten Fall die neuartige Modellierungsweise unter Verwendung semantischer Bauwerksmodelle betont. Im vorliegenden Leitfaden wird BIM jedoch als *Building Information Modeling* verstanden, was sowohl das Modell als auch die Verwaltung der und Arbeiten mit den Daten einschließt.

### Koordinations- und Fachmodelle

Die beteiligten Fachdisziplinen im Lebenszyklus von Bauwerken haben unterschiedlichste Anforderungen an das Bauwerksmodell und verwenden üblicherweise unterschiedliche Fachsysteme. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit von fachspezifischen Modellen (z. B. Architekturmodell, Tragwerksmodell, TGA-Modell) (Abbildung 2.1-6).

Auch bei der Arbeit mit BIM werden die fachspezifischen Modelle von den jeweiligen Fachplanern separat und mit gewerkspezifischer Software zunächst als separate Fachmodelle erstellt. Sie können je nach Leistungsphase in verschiedenen Fertigstellungsgraden vorliegen (vgl. Egger et al. 2013). Alle Einzelmodelle stellen dabei Fachmodelle des Bauwerks dar und sollen zu einem Gesamt- bzw. Koordinationsmodell zusammengeführt werden. Ggf. kann ein Fachmodell aus Gründen der Performanz noch in Teilmodelle aufgeteilt werden.

Im konsequentesten Fall der Zusammenführung werden alle Fach- und Teilmodelle stets aktuell auf einem zentralen Modellserver bzw. in der Cloud (Common Data Environment, CDE, siehe auch Kapitel 2.1.4) gespeichert und von den Beteiligten direkt online bearbeitet. In der heutigen Praxis werden die einzelnen Modelle jedoch meist zu bestimmten, mit der Gesamtplanung abgestimmten Zeitpunkten, zu einem Koordinationsmodell (Gesamtmodell) zusammengeführt. Das gemeinsame Arbeiten im Koordinationsmodells – mindestens für systemrelevante bzw. voneinander abhängige und sich beeinflussende Teile – ist dabei für die mit BIM angestrebte, kooperative Arbeitsweise von entscheidender Bedeutung, da nur hierdurch eine transparente Planung und frühzeitige Erkennung von Unstimmigkeiten gelingen kann. So lassen sich mithilfe softwaregestützter Kollisionsprüfungen bereits frühzeitig Konflikte zwischen den Planungen der verschiedenen Gewerke und deren Schnittstellen (z. B. zwischen dem TGA- und Tragwerksmodell) aufdecken und beheben.

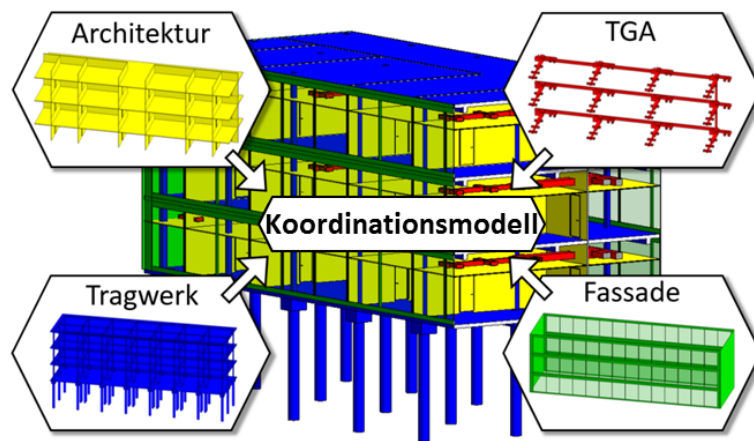


Abb. 2.1-6: BIM – Koordinations- und Fachmodelle.

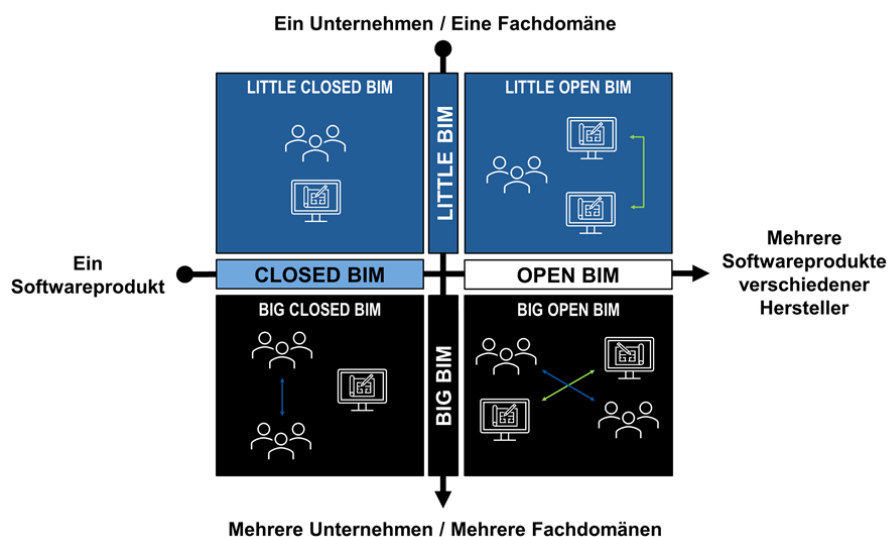


Abb. 2.1-7: Darstellung von „little closed“ und „big open“ BIM.

BIM kann als Insellösung, d. h. ein Beteiligter arbeitet mit einer einzelnen Software, bis hin zur Kollaboration vieler Akteure, die mit unterschiedlicher Software mit offenen Datenaustauschformaten interagieren praktiziert werden. Für die Beschreibung der hiermit möglichen Arten der Zusammenarbeit wurden die Begriffe „*little*“, „*big*“, „*closed*“ und „*open*“ eingeführt. Wird BIM nur von einem einzelnen Akteur im Rahmen seiner fachspezifischen Aufgabe eingesetzt, so spricht man von „*little BIM*“. Im Gegensatz dazu erfolgt bei „*big BIM*“ ein modellbasierter Datenaustausch zur kooperativen Planung zwischen verschiedenen Akteuren. Bezogen auf den Softwareeinsatz lässt sich zwischen der Verwendung von Produkten nur eines Herstellers mit proprietären Schnittstellen („*closed BIM*“) und Software verschiedener Hersteller mit neutralen Daten(austausch)formaten („*open BIM*“) unterscheiden. Damit ergeben sich Permutationen vom „*little closed*“ bis zum „*big open*“ BIM (Abbildung 2.1-7).

### 2.1.2 BIM-Anwendungsfälle

Die Methode BIM dient stets bestimmten Anwendungsfälle (Use Cases), auch Anwendungen genannt. Sie werden meist in die Bereiche „Planung“, „Bauen/Ausführung“ und „Betrieb“ kategorisiert. Für den Hochbau wurde beispielsweise an der Bergischen Universität Wuppertal ein Leitfaden zur

Strukturierung und Aufbau von BIM-Anwendungen aufgestellt (Helmus et al. 2020). Für Infrastrukturbauwerke wurden in Deutschland beispielsweise durch die ARGE BIM4INFRA2020 Anwendungsfälle aufgestellt (siehe auch Kapitel 2.1.6). Steckbriefe der Anwendungsfälle finden sich in BIM4INFRA2020 (2019). Zu den Anwendungsfällen zählen auch die Bestandserfassung (AWF1), die Visualisierungen (AWF3), die Fortschrittskontrolle der Planung (AWF6) und die Erstellung von Entwurfs- und Genehmigungsplänen, also Prozesse, an denen auch die Geodäsie – teils maßgeblich – beteiligt ist. BIM Deutschland<sup>2</sup> (siehe auch Kapitel 2.1.5) hat inzwischen eine unter den Infrastrukturtägern Straße, Wasserstraße, Schiene und Hochbau abgestimmte Liste von Anwendungsfallbezeichnungen veröffentlicht. Auch im Zuge der internationalen Standardisierungsbemühungen zur Erweiterung von IFC für die Infrastruktur wurden Use Cases definiert (Castaing et al. 2018). Bei der Aufstellung bzw. Konkretisierung der einzelnen Anwendungsfälle (Use Case Management) werden gemeinsam mit den beteiligten Akteuren die Anwendungsfälle (Use Cases) definiert, um ein einheitliches Verständnis zu schaffen, den konkreten Nutzen zu beschreiben und den zu erwartenden Aufwand zu definieren (Bauen Digital Schweiz 2021). Alle relevanten Informationen und Beteiligten mit ihren Rollen im Prozess werden beschrieben (Abbildung 2.1-8).

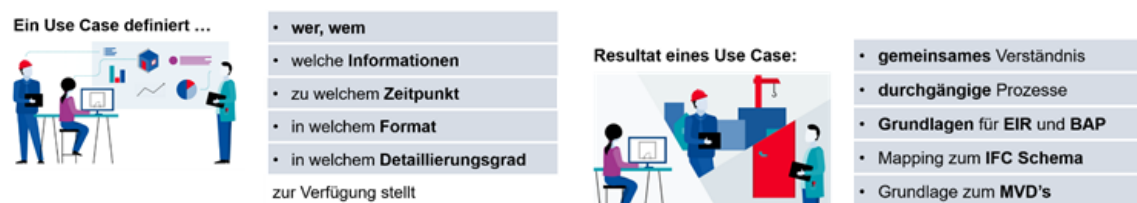


Abb. 2.1-8: Use Case Management (UCM) (Quelle: <https://ucm.buildingsmart.org>).

### 2.1.3 Bauwerksmodellierung für BIM

Die bisherige Praxis zur digitalen Darstellung und Verarbeitung von Bauwerksplänen sind die bekannten *Computer Aided Design* (CAD)-Systeme. In ihnen wird häufig in zweidimensionaler Darstellung von Grundrissen und Schnitten gearbeitet. Die Semantik (= Bedeutung) wird lediglich durch Signaturierung kenntlich gemacht, die Themen durch Layer- oder Ebenentechnik voneinander trennt. Das Aufkommen der Objektorientierung hat auch bei digitalen Bauwerksmodellen zum Übergang zu objektorientierten Modellen geführt. Neben der Objektorientierung wurde von der Arbeit mit Grundrissen und Schnitten zur Modellierung unter Verwendung von Volumenkörpern übergegangen.

In Bauwerksmodellen für BIM (Abbildung 2.1-9, links) stellen Objekte bzw. Bauteile den maßgeblichen Informationsträger dar. Die Geometrie ist im Gegensatz zu zeichenorientierten CAD-Modellen, die lediglich aus geometrischen Primitiven (Punkte, Linien, Flächen) bestehen, nur eine der Eigenschaften der Bauteile. Weitere wesentliche Eigenschaften sind deren Semantik, beschreibende Sachdaten sowie Relationen (= Beziehungen) untereinander (Abbildung 2.1-9, rechts). Objekte bzw. Bauteile stellen Instanzen vordefinierter Objekt- bzw. Bauteilklassen dar, die in Bauteilkatalogen der BIM-Software abgelegt sind. Die Objektklassen ergeben sich aus dem zugrunde liegenden (objektorientierten) Datenmodell (siehe Kapitel 2.7.1 und 2.7.2). Dort sind auch deren Semantiken (inkl. der beschreibenden Eigenschaften) und Beziehungen festgelegt. Damit sind die Objekte dann identifizierbare, benannte, klassifizierte und attributierte „Dinge“ wie Bauteile, Räume, Stockwerke, Akteure, Prozesse, Aufgaben etc. Ein herstellerübergreifendes Datenmodell für BIM, das auch dem interoperablen Datenaustausch dient, sind die *Industry Foundation Classes* (IFC) (buildingSMART 2016), siehe Näheres in Kapitel 2.7.2

<sup>2</sup> <https://www.bimdeutschland.de/bim-deutschland/liste-der-standardisierten-anwendungsfallzeichnungen> (Juli 2023)

Eine der Beziehungen der Bauteilobjekte der Modelle ist stets diejenige zur geometrischen Repräsentation, für die es i. d. R. eigene geometrische Klassen gibt. Welche geometrischen Klassen jeweils zulässig sind, wird bei der Definition der Objektklassen festgelegt. Bestandteil sind ebenso Integritätsregeln, mit denen die Objektinstanzen validierbar sind.

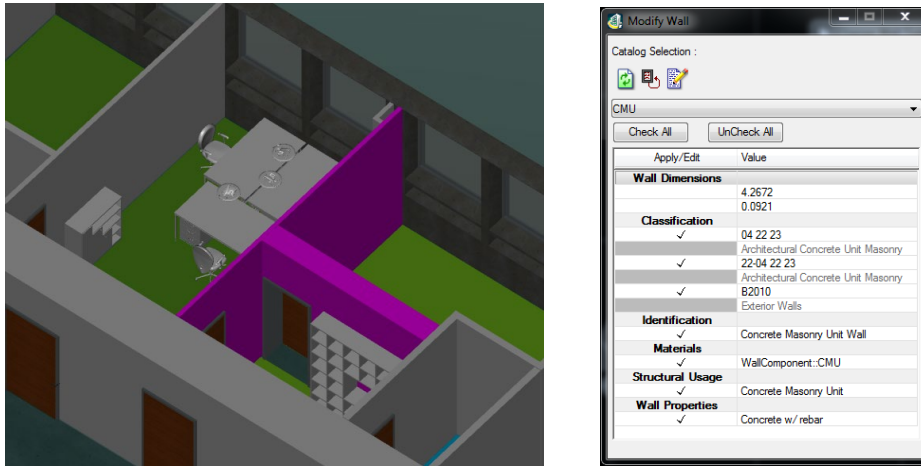


Abb. 2.1-9: Bauteil „Wand“ mit beschreibenden Eigenschaften in der BIM-Software (hier: Bentley BuildingDesigner).

Die Geometrie bildet eine zentrale Grundlage für die mehrdimensionale Beschreibung des Bauwerks und damit verknüpfter Analysen. Zur Beschreibung der Geometrie sind grundsätzlich Linien, Flächen oder auch Körper geeignet. Hierfür existieren unterschiedliche Modellierungsansätze, für deren Definitionen hier auf die einschlägige Literatur, bspw. Mortenson (2006), verwiesen wird.

In der klassischen CAD-Anwendung wurden vorherrschend Linien- oder Flächenmodelle für die Definition der Geometrie verwendet. Die Geometriebeschreibung im BIM basiert hingegen i. d. R. auf Volumenmodellen. Eine Möglichkeit zur Beschreibung von Volumenmodellen ist die in der Geodäsie verwendete Randflächenbegrenzung (*Boundary Representation, B-Rep*), bei der die dreidimensionale Geometrie eines Objekts durch die umgrenzenden Flächen (z. B. geschlossene ebene Polygone) gebildet und daher explizit sowie indirekt beschrieben wird. Die begrenzenden Flächen werden durch Stützpunkte mit Koordinaten in einem räumlichen Bezugssystem beschrieben. Punktkoordinaten auf der Objektoberfläche sind meist auch Resultate der gängigen Vermessungsmethoden liefern. Die B-Rep-Modellierung liegt bspw. auch der 3D-Stadtmodellierung im internationalen Standard CityGML<sup>3</sup> zugrunde.

Eine weitere Methode zur volumetrischen Beschreibung von Objekten, die im BIM vorherrscht und eher aus der Konstruktionstechnik kommt, ist die *Constructive Solid Geometry (CSG)*. Hierbei wird die Geometrie durch eine Konstruktionsvorschrift direkt und damit implizit definiert (vgl. u. a. Borrmann & Berkhahn 2015), indem sie durch die Verknüpfung geometrischer Grundkörper (Quader, Zylinder, Kegel etc.) über Boolesche Operationen (Vereinigung, Differenz, Schnitt) gebildet wird. Ebenfalls zu den impliziten Verfahren können die aus dem CAD-Bereich bekannten Extrusions- und Rotationsverfahren gezählt werden. So lässt sich die 3D-Geometrie einer Wand bspw. über die Extrusion (= Ausstoßung) der Grundfläche, d. h. durch Parallelverschiebung der Grundfläche über eine vorzugebende Höhe, beschreiben.

Die implizite Geometriemodellierung ist darüber hinaus in der Regel mit einer parametrischen Beschreibung verknüpft. Beim parametrischen Modellieren wird die Bauteilgeometrie anstelle von Punkten durch seine relative Lage (Translation) und Ausrichtung (Rotation) häufig bezogen auf ein

<sup>3</sup> <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml> (August 2019)

lokales kartesisches Koordinatensystem sowie seine Abmessungen (z. B. Länge, Breite und Höhe) (vgl. Abbildung 2.1-10) beschrieben.

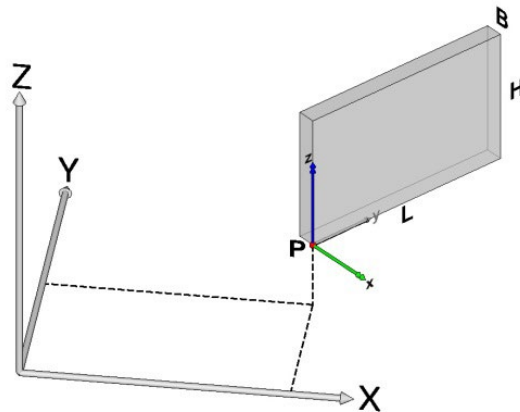


Abb. 2.1-10: Beispiel zur parametrischen Geometriemodellierung.

### Grad der Fertigstellung/Level of Development

In der Methode BIM orientiert sich die Detaillierung der Bauteilmodellierung nach dem „Grad der Fertigstellung“ oder Englisch dem *Level of Development* (LOD). Der LOD wird meist in fünf bis sechs Hauptgraden von einer rein symbolhaften Darstellung in einer konzeptuellen Planungsphase bis hin zur *as-built*-Modellierung, wie sie in der Bewirtschaftungsphase eines Bauwerks benötigt wird, beschrieben (Abbildung 2.1-11) (vgl. Egger et al. 2013, NATSPEC 2013, BIMFORUM 2016). Die US-amerikanische LOD-Spezifikation (BIMFORUM 2016) kennt zusätzlich den LOD 350 (Bauausführung). Die LOD lassen sich in einen geometrischen (*Level of Geometry*, LOG) und einen semantischen Teil (*Level of Information*, LOI) gliedern.

Während der LOG für die einzelnen LODs in den Quellen spezifiziert wird, wird für den LOI auf projektspezifische Festlegungen verwiesen. Sie hängen vom jeweiligen Verwendungszweck des BIM-Modells ab (Hausknecht & Liebich 2016). Beispiele für LOG und grundlegende LOI (*attribute information*) finden sich in einer der anerkanntesten Spezifikationen, der US-amerikanischen LOD-Spezifikation (BIMFORUM 2016). In Deutschland wurden von unterschiedlichsten Organisationen, z. B. dem Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW (BLB 2018), der Arbeitsgruppe Hochbau im Arbeitskreis Digitalisiertes Bauen im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie (Arbeitsgruppe Hochbau im Arbeitskreis Digitalisiertes Bauen im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V. 2019) oder auch der Architektenkammer NRW (AK NRW 2016) Muster und Vorlagen erarbeitet. Erste Ideen für die Beschreibung von LODs im Infrastrukturbereich wurden an der TU München entwickelt (König et al. 2016). Bei der Modellierung auf der Grundlage einer Bestandsvermessung ist zudem die Genauigkeit der Erfassungsmethode und der Modellierung zu berücksichtigen (siehe Kapitel 2.5.2).

LOD 100 Konzept	LOD 200 Grobe Geometrie	LOD 300 Genaue Geometrie	LOD 400 Herstellung	LOD 500 As-built

Abb. 2.1-11: LOD in Anlehnung an NATSPEC 2013.

### Level of Information Need

Auf europäischer Ebene und auch in die deutsche Normung eingehend wurde durch die CEN/TC 442/WG 2/TG1 und den deutschen Spiegelausschuss der Normierungsprozess der BIM-Definitionsgrade für die Detaillierung des Informationsaustauschs, der sogenannte Level of Information Need (LOIN), auf Grundlage der internationalen Normung im Juni 2021 als DIN EN 17412-1:2021-06 veröffentlicht. Der Begriff „Level of Information Need“ wechselt die Perspektive: Während man bei den LOD vom Fertigstellungsgrad als Eigenschaft des Modells spricht, wird bei den LOIN die Erwartungshaltung (Need) des Informationsbestellers explizit in die Bezeichnung des Standards aufgenommen. Beim geometrische Detaillierungsgrad (LOG) sind auch die Dimension, der Lagebezug sowie ggf. die visuelle Repräsentation und das parametrische Verhalten zu beachten. Darüber hinaus müssen die Art der Objektidentifikation (Name, ID) sowie die Art und Struktur der Objektklassifizierung und -attribuierung mit dem „Level of Information“ (LOI) festgelegt werden. Der Level of Documentation (DOC) regelt schließlich den Grad der Detaillierung und den Umfang der (externen) Dokumente, die zusätzlich zum virtuellen Bauwerksmodell geliefert werden. Beispiele sind Raumbücher, Inventarlisten, schriftliche Gutachten, Datenblätter, Handbücher, Fotos oder Detailzeichnungen.

## 2.1.4 Prozesse und Management

### Motivation

Das Akronym „BIM“ wird oft mit Building Information Modeling übersetzt. Der Buchstabe „M“ hat in der BIM-Methodik neben der „Modellierung“ und dem „Modell“ eine weitere Bedeutung: Management (Hausknecht 2016). In diesem Beitrag werden die grundlegenden Begriffe des BIM-Managements beschrieben und vermessungstechnische Leistungen in die BIM-Methodik eingeordnet.

Die Ziele des BIM-Managements sind die effiziente Verwaltung, strukturierte Bereitstellung und der Austausch der digitalen Information eines Bauprojekts. Vermessungs- und Geodaten, Bauteilkataloge, Planungsvarianten und -versionen, Protokolle, Datenblätter und viele weitere Dokumente werden während der Planungs- und Bauphase in einem Projekt-Informationsmodell (PIM) gespeichert. Anschließend werden die Daten so aufbereitet, dass sie nach der Fertigstellung des Bauwerks in einem Asset-Informationsmodell (AIM) für den Betrieb genutzt werden können.

Die Information soll idealerweise einheitlich und vorausschauend organisiert werden, und zwar für alle Phasen im Lebenszyklus eines Bauwerks: Projektentwicklung, Entwurf, Planung, Genehmigung, Bauausführung und – last but not least – Bewirtschaftung des Bauwerks.

Es besteht derzeit ein hoher Bedarf an einer einheitlichen Beschreibung der Werkzeuge für das BIM-Management, weil die zahlreichen spezialisierten Ingenieurbüros und mittelständischen Unternehmen des Bauwesens einen hohen Innovationsdruck spüren, der durch die Möglichkeiten der BIM-Methode getriggert wird. Die einheitliche Beschreibung von Vertragsinhalten und Managementprozessen für das digitale, kollaborative Arbeiten liefert allen BIM-Akteuren eine gemeinsame Sprache für das Informationsmanagement von Bauprojekten – nicht neue strenge Reglementierungen.

Die in internationalen Bauprojekten verwendeten Methoden und Begriffe etablieren sich zurzeit in Deutschland – allerdings eher „vom Großen zum Kleinen“. Viele große deutsche Bau- und Infrastrukturunternehmen haben ihre Prozesse bereits an der BIM-Methodik ausgerichtet, mittelständische Baufirmen, die jetzt „auf BIM umstellen“, erwarten Marktvorteile gegenüber der Konkurrenz. Viele kleine Architektur- und Ingenieurbüros beschäftigen sich allerdings noch gar nicht mit BIM.

Geodäten sind sehr gut auf die Digitalisierung des Bauwesens vorbereitet, weil sie

- traditionell eine hohe IT-Kompetenz im Datenmanagement haben,
- raumbezogene Daten erfassen, verstehen und vernetzen,
- virtuelle Modelle präzise in die Örtlichkeit übertragen und
- räumliche Datenbestände kontinuierlich fortführen.

Damit diese Möglichkeiten auch unternehmerisch genutzt werden, müssen Geodaten- und Vermessungsunternehmen verstärkt in die BIM-Welt eintauchen und neben den Modellierungsparadigmen auch die Managementmethoden verstehen.

Um die Vorteile von Kooperation und Kollaboration voll ausschöpfen zu können, bedarf es abgestimmter und möglichst einheitlicher Begriffe und Beschreibungen von Prozessen und Management. International wurde hierfür die ISO-Norm 19650-1 definiert, der als Norm DIN EN ISO 19650-1:2019-08 („Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) – Informationsmanagement mit BIM – Teil 1: Begriffe und Grundsätze“) für Deutschland übernommen wurde. Hiermit und zusätzlich mit der VDI-Richtlinienreihe 2552 etablieren sich derzeit auch in Deutschland einheitliche Begriffe zur Beschreibung von BIM-Prozessen und BIM-Management.

### Gesamtprozess

Die ISO-Norm 19650-1 definiert Konzepte und Prinzipien für das Informationsmanagement von Geschäftsprozessen des Bauwesens (engl. Built Environment Sector), die nach der BIM-Methode organisiert sind. Die ISO 19650-2 legt spezifische Anforderungen an das Informationsmanagement entlang der Leistungsphasen eines Projekts (engl. Delivery Phase) fest.

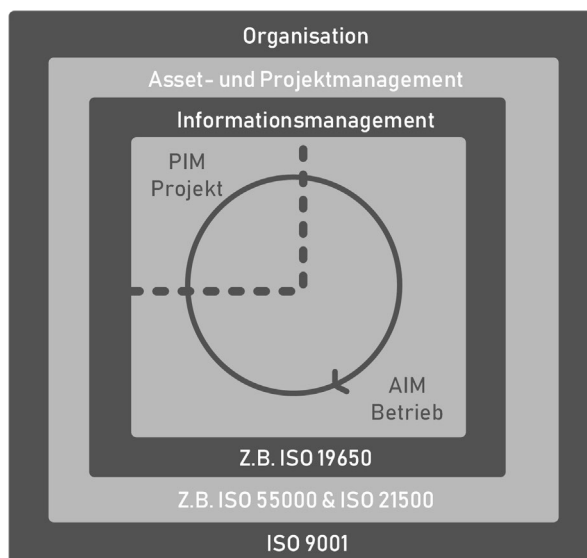


Abb. 2.1-12: Informationsmanagement mit dem Asset Information Model (AIM) und Projekt-Informationsmodell (PIM) entlang des Lebenszyklus der Bauwerksinformation nach ISO 19650-1.

Nach ISO 19650 gründet das prozessintegrierte Informationsmanagement nach der BIM-Methode auf der Festlegung der Informationsaustauschanforderungen, Planung der Informationslieferung und der tatsächlichen Lieferung der Information zu einem „gebauten Vermögenswert“ (engl. Built Asset). Die Lieferung der Information erfolgt in „strukturierten Informationscontainern“ (Modelle, Tabellen, Datenbanken) oder „unstrukturierten Informationscontainern“ (Datenblätter, Fotos ...) die gemeinsam das „Informationsmodell“ bilden. Der Begriff Informationsmodell ist dabei etwas kritisch, weil im Kontext der Softwareentwicklung „Informationsmodell“ die konzeptionelle Ebene, nicht die eigentliche Dokumenteninstanz bezeichnet. Die ISO 19650 benennt zunächst die Rollen „Informationsbesteller“ und „Informationsbereitsteller“. Die Norm gliedert dann die Informationsaustauschanforderungen des Informationsbestellers in strategische (Organizational Information Requirements, OIR) und projektspezifische (Project Information Requirements, PIR) Anforderungen (siehe Abbildung 2.1-13).

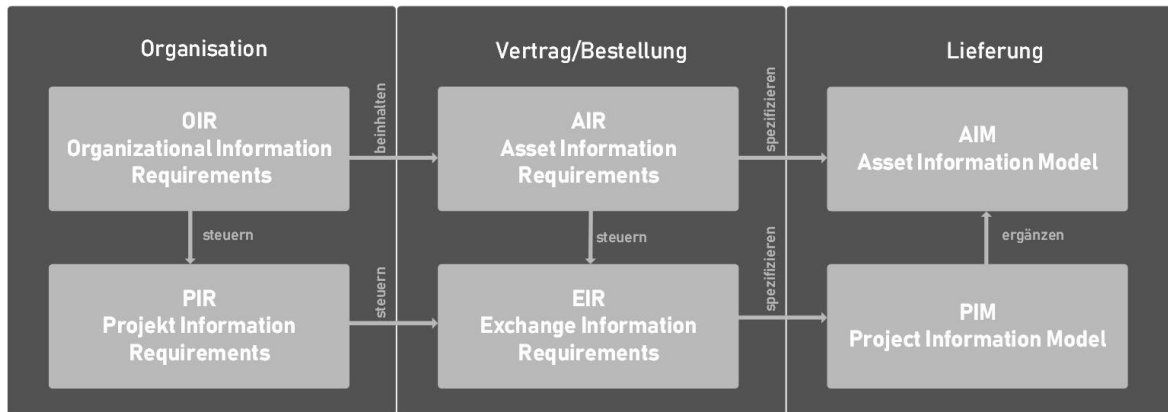


Abb. 2.1-13: Hierarchie der unterschiedlichen Informationsaustausch-Anforderungen nach der ISO Norm 19650-1.

Zwischen Informationsbesteller (hier: Auftraggeber) und Informationsbereitsteller (hier: Auftragnehmer) werden die Asset Information Requirements (AIR) bzw. Exchange Information Requirements (EIR) in den Vertragsdokumenten Employers Information Requirements (EIR) (deutsch: *Auftraggeber-Informationsanforderungen, AIA*) und dem BIM Execution Plan (BEP) (deutsch: *BIM-Abwicklungsplan, BAP*) vereinbart.

Wichtige Begriffe des BIM-Managements	
BIM allgemein	Geodäsie und BIM
<p><b>Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA).</b> Der Auftraggeber hat genau festzulegen, welche Daten er wann benötigt. Dazu gehören insbesondere Angaben, wann, in welcher Detailtiefe und in welchem Format die angeforderten Daten geliefert werden sollen [...]. Bei der Erstellung AIA ist mit dem späteren Nutzer bzw. Betreiber des Bauwerks eng zusammenzuarbeiten (BMVI 2015b). Ziel der AIA ist es auch, Redundanzen und überflüssige Information zu vermeiden.</p> <p>Die AIA sind Teil der Ausschreibungsunterlagen.</p> <p>Die AIA beschreiben Art und Struktur der Fachmodelle (Grundlagenmodell, Architekturmodell, TGA ...) sowie deren Detailtiefen, eine grobe Zuordnung der Rollen und Aufgaben in Form von Verantwortlichkeitsmatrizen, Zeitpunkte der Informationslieferung und eine Liste der zu verwendenden Normen und Standards.</p>	<p>Der Auftraggeber sollte in den AIA ausdrücklich Angaben zum Projektbasispunkt, zum Koordinatenreferenzsystem und zur Transformation zwischen amtlichen Geo- und Projektkoordinatensystem fordern bzw. festlegen. (vgl. BMVI 2019).</p> <p>Der Auftraggeber sollte in den AIA projektspezifische Angaben zur Notwendigkeit einer Bestandsdokumentation („as-is“-Grundlagenmodell) und abschließende Dokumentation der Bauleistung („as-built“) klarstellen.</p> <p>Aus geodätischer Sicht ist es besonders wichtig, dass festgelegt wird, ob das zu liefernde Grundlagenmodell (Baubestand, Topographie) im Koordinationsmodell lediglich referenziert wird, oder ob/wie die aufgemessenen und modellierten Objekte von anderen BIM-Autoren geometrisch oder semantisch verändert/ergänzt werden. Daneben müssen Aktualität, Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Koordinatendimension (2D/3D), Objektdimension (Punkt, Linie, Fläche, Körper), Positionierung (relativ vs. absolut) und Art der Georeferenzierung in den AIAs festgelegt werden.</p>



<b>Wichtige Begriffe des BIM-Managements</b>	
<i>BIM allgemein</i>	<i>Geodäsie und BIM</i>
<p>Die Beschreibung des Formats umfasst z. B. die Datenaustauschformate mit Versionsnummer oder Namenskonventionen für Dateien und Bauteilklassen.</p> <p>Eine ausführliche Beschreibung des Inhalts und der Struktur der AIA findet man zum Beispiel in VDI 2552 Blatt 1 (6.3) und VDI 2552 Blatt 10. In (BMVI 2019) wurde im Rahmen des Forschungsprojekts Bim4Infra2020 ein allgemeiner Leitfaden und ein Muster für Auftraggeber-Informationsanforderungen veröffentlicht.</p> <p>Im Englischen werden die AIA als Employers Information Requirements (EIR) bezeichnet. Allerdings wird der Begriff im ISO-Standard 19650-1 nicht mehr verwendet (s. o.).</p>	<p>Der Auftraggeber sollte in den AIA die Rolle des Geodäten (Vermessungsingenieur/GIS-Experte) ausdrücklich nennen, besonders dann, wenn Geodaten aus unterschiedlichen Datenquellen (amtliche Geobasisdaten, Unternehmensdaten, Vermessung) genutzt werden.</p>
<p><b>BIM-Abwicklungsplan (BAP).</b> Der BAP stellt den Fahrplan eines jeden BIM-Projekts bezüglich der Erstellung, Weitergabe und Verwaltung von Daten dar. Der Prozess zur Herstellung der geforderten Daten ist unter Festlegung aller dafür notwendigen Rollen, Funktionen, Abläufe, Schnittstellen, Interaktionen sowie der genutzten Technologien in einem BIM-Abwicklungsplan zu definieren (BMVI 2015b).</p> <p>Die VDI 2552 unterscheidet zwischen dem BAP als Teil des Angebots (BAP-Entwurf), der vom Bieter angefertigt wird und dem „BAP nach Vergabe“, der unter der Verantwortung des Auftraggebers gemeinsam mit allen Projektbeteiligten angefertigt wird und sich kontinuierlich als „lebendes Dokument“ entwickelt. Der Prozess mündet im BIM-Pflichtenheft für den Informationsaustausch in einem Bauprojekt.</p> <p>Im BAP, als Teil des Angebots, stellt der Bieter dar, wie (und vor allem, dass!) er die Kapazitäten und Kompetenzen besitzt, um die im AIA formulierten Aufgaben zu erfüllen.</p> <p>Im detaillierten BAP nach Vergabe werden die Details zur Realisierung der gemeinsamen Da-</p>	<p>Der BAP enthält Vorschläge bzw. Vereinbarungen zur Informationslieferung der Vermessung (einzelne tachymetrische Punkte, Punktwolke aus terrestrischem Laserscanning, LIDAR, GNSS etc., Modell, Prüfprotokolle). Die Informationslieferung ist auf die Vermessungsstrategie und die Informationsanforderungen des Bestellers abzustimmen.</p> <p>Für alle Aspekte der Vermessung müssen Festlegungen zu Genauigkeit/Toleranz, Detaillierungsgrad (LOG und LOI) des Modells je Bauteiltyp getroffen werden, weil die üblichen LOD-Spezifikationen nur bedingt für Vermessungsaufgaben anwendbar sind (vgl. Kapitel 2.4.2).</p> <p>Inhalt und Struktur der Bauteilbibliothek muss auf die Tauglichkeit zur geodätischen Bestandsdokumentation (Vermessung) und Geodatenintegration (GIS) angepasst werden.</p> <p>Das Vermessungsunternehmen muss festlegen, wie die anderen Projektbeteiligten in der gemeinsamen Datenumgebung mit der gleichen Realisierung des Projektbasispunkts und der Transformation zum geodätischen Datum und kartographischer Abbildung arbeiten.</p>

<b>Wichtige Begriffe des BIM-Managements</b>	
<i>BIM allgemein</i>	<i>Geodäsie und BIM</i>
<p>tenumgebung festgelegt. Es werden zum Beispiel Angaben zur Loseinteilung, zum Umgang mit Daten von und für Unterauftragnehmer getroffen.</p> <p>Nach dem Aufstellen des BIM-Pflichtenhefts wird allen Beteiligten in der sogenannten Mobilisierungsphase noch Zeit eingeräumt, die eigenen BIM-Fertigkeiten auszubauen und speziell für das Projekt zu entwickeln.</p> <p>Im Englischen wird der BAP als <i>BIM Execution Plan (BEP)</i>, das BIM-Pflichtenheft als <i>Master Information Delivery Plan (MIDP)</i> bezeichnet.</p>	<p>Vermessungsingenieure und GIS-Experten müssen bei der Ausarbeitung des BAP weiterhin prüfen, ob die Namenskonventionen für CAD und BIM, das geforderte CAD-Layout und vor allem die Softwareversionen und Austauschformate den vermessungs- und geoinformationstechnischen Anforderungen genügen.</p>

Tab. 2.1-1: Wichtige Begriffe des BIM Managements.

### Gemeinsame Datenumgebung

BIM ist keine monolithische Datenbank, die alle Informationen in einem einheitlich strukturierten und semantisch ausformulierten Datenmodell bereithält. Der Begriff „Gemeinsame Datenumgebung“ (z. B. VDI 2552 Blatt 3, engl. Common Data Environment, CDE, ISO 19650-1) ist bewusst generisch gehalten und kann beispielsweise sowohl ein einfaches Dateiablagensystem als auch eine serviceorientierte, verteilte Infrastruktur bedeuten. Wichtig ist jedoch deren Funktionalität. Informationen müssen einem Prozess zugeordnet (Workflow), strukturiert und verknüpft, filter- und abfragbar, versionier- und archivierbar sowie zugriffsgeschützt sein. Eine wichtige Aufgabe der CDE ist es, Metadaten zum Bearbeitungsstand einzelner Informationscontainer zu liefern. Jedem Informationscontainer sollen nach ISO 19650 mindestens ein Status „in Bearbeitung“, „geteilt“, „veröffentlicht“ oder „archiviert“ zugeordnet werden.

<b>Gemeinsame Datenumgebung (engl. Common Data Environment, CDE)</b>	
<i>BIM allgemein</i>	<i>Geodäsie und BIM</i>
<p>In der „gemeinsame Datenumgebung“ wird die digitale Information gespeichert, verwaltet und verteilt. Sie ist die einzige und zentrale Quelle für digitale Information über das geplante Bauwerk und die Prozesse, die zur Durchführung der Baumaßnahme und der Bewirtschaftung des Bauwerks nötig sind. Sie soll für den Informationsbedarf über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks konzipiert werden.</p> <p>Der digitale Bereich wird von allen beteiligten Unternehmen genutzt, um projektbezogene Informationen bereitzustellen oder zu erhalten.</p>	<p>„A key part of the delivery process is spatial coordination“ (BSI 2013, S. 29).</p> <p>Das BIM-Management muss schon beim Aufbau der gemeinsamen Datenumgebung (also lange vor Baubeginn) die Möglichkeit schaffen, dass geodätische Information in der gemeinsamen Datenumgebung verwaltet werden kann: Raumbezug und Metadaten für GIS-Daten und Ingenieurvermessung, die Möglichkeit der Bereitstellung großer Datenmengen (z. B. Punktwolken), Prozessintegration und Dokumentation vermessungstechnischer Leistungen.</p>

<b>Gemeinsame Datenumgebung (engl. Common Data Environment, CDE)</b>	
<i>BIM allgemein</i>	<i>Geodäsie und BIM</i>
<p>Dafür ist es nötig, dass die digitalen Projektdaten einheitlich strukturiert werden (Datenmodell, Versionierung, Metadaten) und die Kommunikation geordnet erfolgt (Zugriffsrechte, Abbildung von Prozessen).</p> <p>Die gemeinsame Datenumgebung kann durch unterschiedliche Systemarchitekturen (Dateisystem, BIM/Projekt-Server, proprietäre oder offene Systeme) realisiert werden.</p> <p>Eine wichtige Analysefunktion ist die Kollisionsanalyse, die zwischen unterschiedlichen Fachmodellen im Koordinationsmodell (z. B.: Architektur, TGA) durchgeführt wird und in der gemeinsamen Datenumgebung oder extern erfolgen kann.</p> <p>Die Person (Rolle), die für die Realisierung der gemeinsamen Datenumgebung verantwortlich ist, wird BIM-Manager (strategisch) oder BIM-Koordinator (operativ) genannt. Der im Einzelunternehmen für die Erstellung der BIM-Daten verantwortliche Mitarbeiter wird BIM-Autor genannt. Projektmitglieder, die die CDE für die Informationsgewinnung verwenden, werden BIM-Nutzer genannt. (vgl. VDI 2552 Blatt 5)</p> <p>Die VDI-Richtlinie 2552 Blatt 5 „Datenmanagement“ definiert Vorgehensweisen zur Organisation, Strukturierung, Zusammenführung, Verteilung, Verwaltung und Archivierung von digitalen Daten im Rahmen von Building Information Modeling (BIM). „Hierzu werden die technischen und organisatorischen Anforderungen zur Umsetzung einer gemeinsamen Datenumgebung (engl. Common Data Environment – CDE) aufgezeigt. Diese Richtlinie kann für alle Projektgrößen und -anforderungen angewendet werden.“ (VDI 2552 Blatt 5)</p>	<p>Das Vermessungsunternehmen muss sich technologisch darauf vorbereiten, kollaborativ in einer gemeinsamen Datenumgebung zu arbeiten. Dafür werden BIM-Koordinatoren benannt und ausgebildet.</p> <p>Im laufenden Projekt übernimmt der BIM-Koordinator des Vermessungsunternehmens die Aufgabe, die Ergebnisse so aufzubereiten, dass sie technologisch zur BIM-Datenumgebung passen. Änderungen am Koordinationsmodell oder in der Bauteilbibliothek werden im eigenen Unternehmen an die zuständigen Fachbeteiligten und das Fachmodell „Vermessung“ bzw. „Geodaten“ weitergereicht werden, damit zum Beispiel aus dem aktualisierten BIM-Modell heraus Absteckungselemente erzeugt und freigegeben werden können.</p> <p>Das AIM (<i>Asset Information Model</i>) wird für die Phase der Bewirtschaftung aufgebaut. Hier nennt die PAS 1192-3 explizit den Einsatz von Geoinformationssystemen (GIS).</p>

Tab. 2.1-2: Gemeinsame Datenumgebung (CDE).

Der **Modellinhalt** (Abb. 2.1-14) der gemeinsamen Datenumgebung sind die Geometrie, Sachdaten (auch Information) und weitere Dokumente (siehe VDI 2552 Blatt 1). Dieser Modellinhalt wächst in Umfang und Detaillierung an, je höher die Leistungsphase wird.

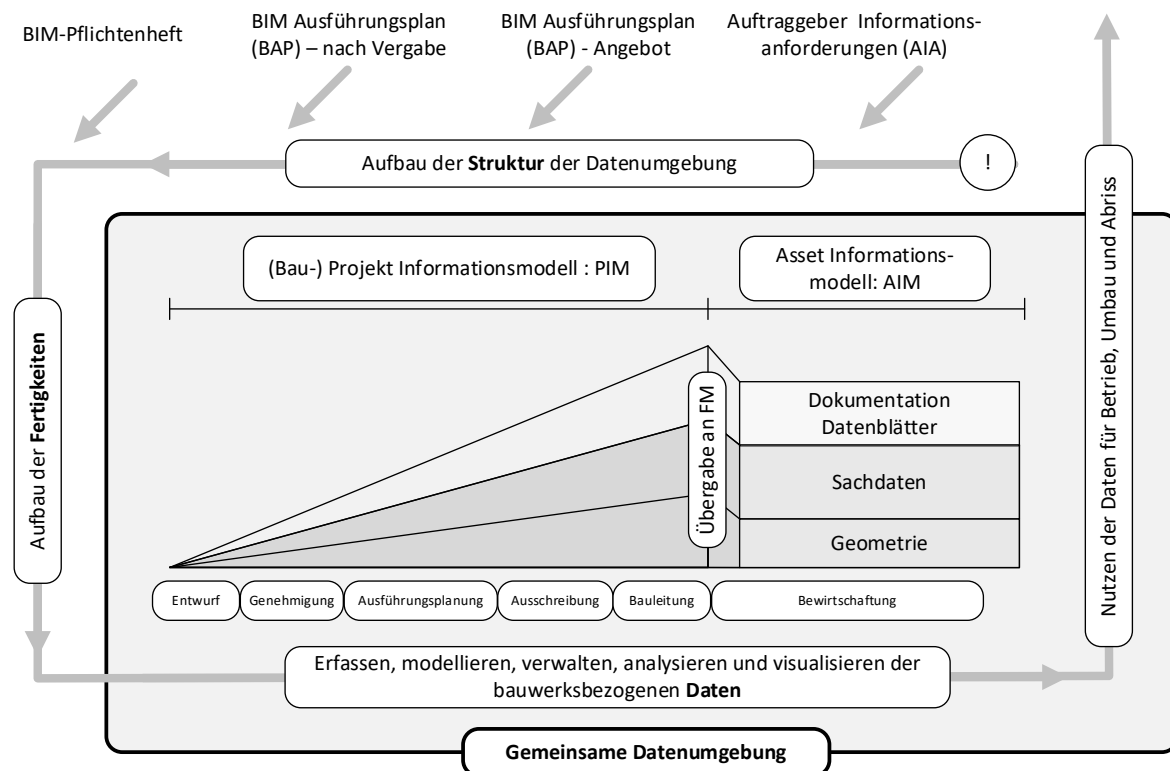


Abb. 2.1-14: Eigene Darstellung, inhaltlich verändert nach „The information delivery cycle“ von Mervyn Richards (BSI 2013) – in dieser Form nicht mehr Bestandteil, der ISO 19650.

Wenn der BIM-Lebenszyklusgedanke umgesetzt wird, können die im (Bau-)Projektinformationsmodell (PIM) gespeicherten Daten der Planungs- und Bauphase direkt in das *Asset Informationsmodell* übernommen werden.

Mit der seit April 2019 veröffentlichten DIN SPEC 91391-1 „Gemeinsame Datenumgebungen (CDE) für BIM-Projekte – Funktionen und offener Datenaustausch zwischen Plattformen unterschiedlicher Hersteller“ liegt nun ein öffentliches Dokument vor, das für den Vergleich unterschiedlicher CDE-Produkte verwendet werden. Der Vergleich kann entlang unterschiedlicher Funktionsgruppen der CDE, BIM-Anwendungsfällen und CDE-Anwendungsfällen durchgeführt werden.

Teil 2 der DIN SPEC 91391 beschreibt die technische Umsetzung einer offenen API (OpenAPI 3.0) als RESTful API und Metadaten für Informationscontainer. Als RESTful APIs werden zustandslose Webschnittstellen bezeichnet, die über das http-Protokoll auf bestimmte, identifizierbare Ressourcen zugreifen können, ohne, dass das Format der Ausgabe, der Speicherstruktur auf dem Server entsprechen muss. Dies macht den Zugriff sehr einfach. Das offene Protokoll für den Datenaustausch über openCDE-konforme Schnittstellen kann sicherstellen, dass Informationen anwendungsfallbezogen zusammengestellt und verlustfrei und rechtssicher ausgetauscht werden können. Die openCDE-Schnittstellen verhalten sich hinsichtlich der übertragenden Inhalte neutral. Geregelt werden Metadaten, Verbindungsaufbau und Containertypen.

Die Koordinations-, Fach- und Teilmodelle werden nach der BIM-Methode in der gemeinsamen Datenumgebung (CDE) verwaltet. Für den Austausch von bauteilbezogenen Modellierungsaufgaben (sog. „issues“, z. B. Mängelbeschreibungen) zwischen der Kollaborationssoftware und den BIM-Autorensystemen, etabliert sich zunehmend das Open BIM Collaboration Format (BCF), das ursprünglich von Solibri, Inc. und der Tekla Corporation entwickelt worden ist und jetzt ein wichtiger Baustein des openBIM-Konzepts von buildingSMART darstellt. Mit dem BFC Format können im operativen



der aktuelle Bearbeitungsstand von Prozessinstanzen allen Beteiligten (standardisiert) als Webdienst zur Verfügung gestellt werden. Somit wird die Leitlinie der Prozessorientierung im Sinne der Qualitätssicherung auch auf digitaler Ebene umgesetzt.

Für die technische Umsetzung der Informationsaustausch-Anforderungen empfiehlt der Standard die von buildingSMART entwickelten Modell-Bereichs-Definition (MVD, engl. „Model View Definitions“). Eine MVD definiert eine maschinenlesbare Teilmenge (Filter) eines Informationsmodells und Restriktionen für bestimmte Relationen und Wertebereiche. Eine MVD kann für die Filterung und Datenvalidierung der im IDM spezifizierten Datenaustauschanforderungen eingesetzt werden. MVD können darüber hinaus auch genutzt werden, wenn Softwareprodukte für bestimmte Datenaustauschsznarien zertifiziert werden sollen.

### **Kritik an dem Verfahren**

Die Grundlagen der ISO 19650 wurden in Großbritannien mit der Normenreihe PAS 1192 „Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modeling (BSI – The British Standard 2013, 2014)“ gelegt, sind also in einer deutlich anderen bauwirtschaftlichen Struktur entstanden. Deshalb ist die ISO 19650 auch sehr umstritten, weil sie eher für Projekte angewendet werden kann, die durch einen großen Auftraggeber und Generalunternehmer abgewickelt werden. Für mittlere und kleine Projekte und Projektpartner können jeweils nur Teilaspekte umgesetzt werden.

Es stellt sich grundsätzlich die Frage, ob die Anwendung der BIM-Methode jetzt schon standardisiert werden soll, weil Standards den anerkannten Stand der Technik beschreiben, aber nicht innovativ gestalten sollen. Besonders kann die Übernahme von internationalen Standards zum Aufbau und Nutzen der gemeinsamen Datenumgebung kritisiert werden, weil sie sich an der britischen und US-amerikanischen Praxis orientieren, das Bauprojekt von einem Generalunternehmer durchführen zu lassen. Es werde – so die Kritik – nicht berücksichtigt, dass die Vergabe nach deutschem Recht gewerkeweise erfolgt und streng hersteller- und unternehmensneutral organisiert ist. Die in der Normenreihe ISO 19650 formulierte frühe Festlegung auf Technologien, Rollen usw. widersprechen der Trennung zwischen Planung und Entwurf – und damit ggf. deutschem Vertrags- und Vergaberecht.

Die LODs sind aus Sicht des Planungsprozesses logisch und aus dieser Praxis heraus entstanden. Aus vermessungstechnischer Sicht ist es falsch, die Definition von Detaillierungsgraden an Leistungsphasen und die damit gekoppelte sequenzielle Entwicklung der Modellinhalte zu knüpfen. Bei der Erfassung des Bestands vor Ort ist das Bauwerk immer in seiner gesamten Detailliertheit vorhanden. Es kommt also darauf an, im Zuge der genannten Prozesse und des Managements (gemeinsam) festzulegen, was zum vorgegebenen Zeitpunkt durch die Vermessung in welcher Detailliertheit erfasst werden soll oder muss (siehe LOADs in Kapitel 2.5). So genau wie nötig, ist gefragt! Dazu ist der Vermessungsingenieur aufgefordert, mit seiner Expertise im Managementprozess zu unterstützen und zu beraten.

Ein weiterer Kritikpunkt betrifft die in den AIA und BAP formulierten hohen technologischen Anforderungen. Es ist klar, dass kleine Vermessungsbüros es schwer haben werden, sich an BIM-Projekten zu beteiligen, weil der Kauf von Software und der Aufbau von Fachwissen neben dem Tagesgeschäft finanziert werden müssen.

## **2.1.5 BIM-Methode – Stand der Einführung**

### **Reifegrade/Maturity Level**

Die Einführung von BIM stellt einen Paradigmenwechsel in der Bauwirtschaft dar, der in der Praxis nicht abrupt gelingen kann, sondern in aufeinander aufbauenden Stufen entwickelt werden muss. Ziel ist die Umsetzung von „*Big Open BIM*“, das heißt die Verwendung von integrierten Bauwerksmodellen und den Einsatz von offenen Standards wie IFC sowie der Datenverwaltung in geeigneten

BIM-Modellservern. Die britische *BIM INDUSTRY WORKING GROUP* erarbeitete daher die sogenannten BIM-Reifegrade (BIM Maturity Level) (Abbildung 2.1-16). Ausgehend von Stufe 0, dem konventionellen Arbeiten mit zweidimensionalen CAD-Modellen und Austausch von Papierplänen, definiert Stufe 1 das Arbeiten in 2D und nachfolgend in 3D sowie den Austausch einzelner Dateien in proprietären Formaten. Stufe 2 sieht erstmals das Arbeiten mit BIM-Software und die Erstellung unabhängiger, domänenspezifischer BIM-Teilmodelle vor, die über eine gemeinsame Projektplattform ausgetauscht bzw. zu bestimmten Zeitpunkten zu einem Gesamtmodell integriert werden. Stufe 3 entspricht dann schlussendlich dem zuvor beschriebenen „*Big Open BIM*“.

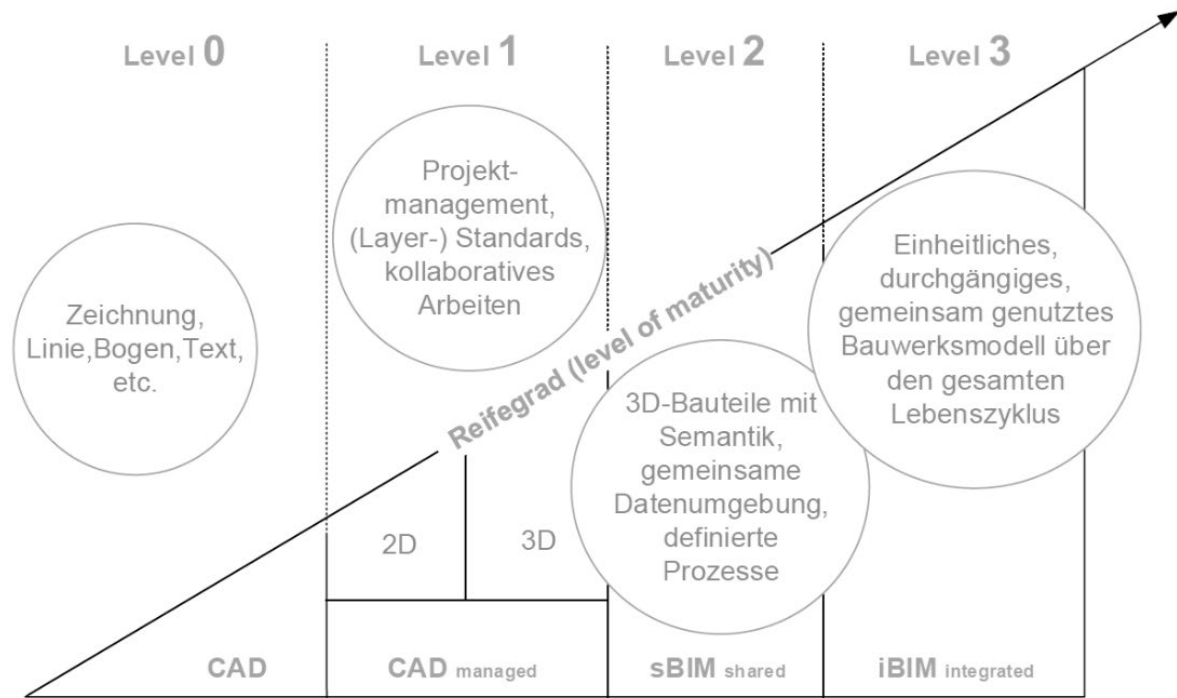


Abb. 2.1-16: BIM-Reifegrad (eigene Darstellung nach BIM Industry Working Group 2011).

### BIM Einführung Weltweit

Die Einführung von BIM ist weltweit ein Thema in der Bauwirtschaft. Der Prozess zur Einführung ist dabei in einigen Ländern, wie Singapur, skandinavische Staaten, Großbritannien, USA und Australien bereits fortgeschritten. Die Verbreitung anhand einer Auswahl von Ländern rund um den Globus illustriert Abbildung 2.1-17. In diesem Zuge sind Richtlinien, mitunter bereits in einer zweiten oder dritten Version, entstanden, die bei Bauvorhaben – ggf. in Abhängigkeit von Bauvolumen oder Auftraggeber – die Verwendung von BIM verpflichtend vorschreiben (May 2015, Tulke 2017). In Europa wurde auf Empfehlung des Europäischen Parlaments<sup>4</sup> im Jahr 2014 eine EU-Richtlinie zum Vergaberecht zur Förderung des „Einsatzes alternativer elektronischer Mittel bei der Kommunikation“ (womit BIM gemeint ist) in öffentlich finanzierten Bau- und Infrastrukturprojekten veröffentlicht (EU 2014). Sie wurde mit dem Vergaberechtsmodernisierungsgesetz (VergRModG) (VergRModG 2016) in deutsches Recht übernommen. Um die „nationalen Anstrengungen in einer gemeinsamen und aufeinander-

<sup>4</sup> <http://www.baulinks.de/bausoftware/2014/0024.php4> (August 2019)

der abgestimmten europäischen Vorgehensweise zu vereinen“ und mit dem Ziel einer digitalen Bauwirtschaft auf Weltniveau<sup>5</sup> hat sich im Jahr 2016 die sogenannte EU BIM Task Group<sup>6</sup> gegründet, ein Zusammenschluss von mehr als 20 Mitgliedsstaaten, darunter Deutschland. Die EU BIM Task Group hat inzwischen das Handbuch für die Einführung von BIM durch den europäischen öffentlichen Sektor herausgebracht (EU BIM Task Group 2019), die eine einheitliche Einführung von BIM bei den Verwaltungen der Mitgliedsstaaten herbeiführen soll.

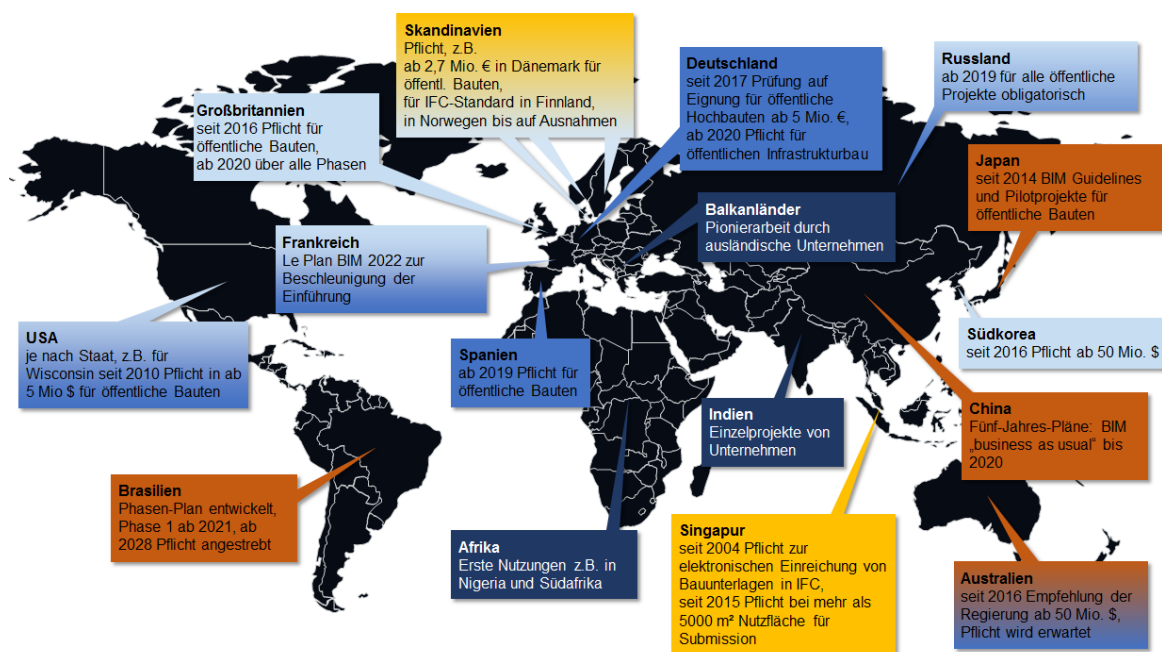


Abb. 2.1-17: Verbreitung von BIM (Stand 2019).

### BIM Einführung in Deutschland

Um allen Interessierten in Deutschland eine Annäherung an BIM zu ermöglichen, wurde im Jahr 2013 im Rahmen des Forschungsprogramms ZukunftBAU des *BUNDESMINISTERIUMS FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG* ein BIM-Leitfaden für Deutschland erstellt (Egger et al. 2013). Aus Anlass von in der jüngeren Vergangenheit aufgetretenen Termin- und Kostenüberschreitungen bei einer Reihe von großen Bauprojekten wird die Verwendung von BIM zur Projektabwicklung im gesamten Projektverlauf nun ausdrücklich empfohlen (BMVI 2015a). Zur Etablierung der Nutzung digitaler Methoden in Form von BIM wurde ein Stufenplan (BMVI 2015b) zur etappenweisen Einführung von BIM in Deutschland im Wirkungsbereich des BMVI, d. h. für Infrastrukturprojekte, erarbeitet. Der Stufenplan ist dreistufig, bestehend aus einer Vorbereitungsphase (2015-2017), einer erweiterten Pilotphase (2017-2018) und schließlich der Einführung des BIM-Leistungsniveau 1 für neu zu planende Projekte (Abbildung 2.1-18).

<sup>5</sup> <http://planen-bauen40.de/2331-2/> (August 2019)

<sup>6</sup> <http://www.eubim.eu> (August 2019)



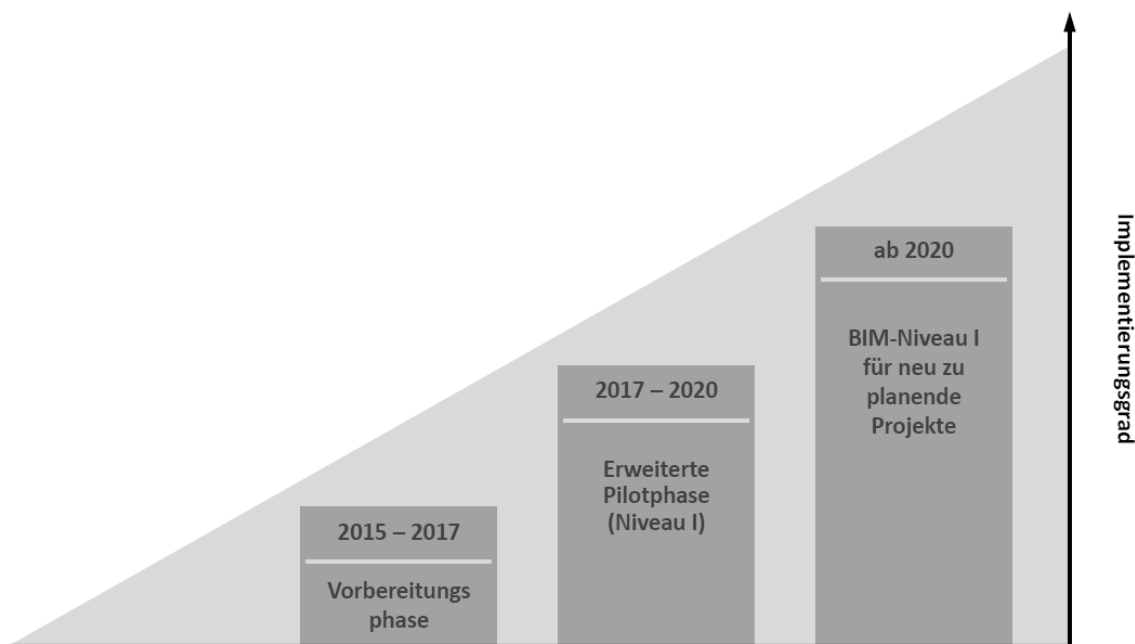


Abb. 2.1-18: Schematische Darstellung des BIM-Stufenplans (BMVI 2015b).

Nach Abschluss der Vorbereitungsphase (1. Stufe) zur Durchführung von Standardisierungsmaßnahmen und der Klärung rechtlicher Fragen sowie der wissenschaftlich begleiteten Erprobung anhand der bereits im Endbericht der Reformkommission benannten vier Großprojekte (zwei Straßen- und zwei Bahnprojekte) (BMVI 2015a, BMVI 2015b) wurden in der erweiterten Pilotphase (2. Stufe) die vorbereitenden Maßnahmen fortgeführt und weitere Erfahrungen auf der Grundlage weiterer Pilotprojekte gesammelt. Zur Begleitung der erweiterten Pilotphase wurde die Gruppe BIM4INFRA2020 ins Leben gerufen, die u. a. typische Anwendungsfälle für den Einsatz von BIM zusammengestellt hat (siehe auch Kapitel 2.1.6). Mit der Umsetzung der Nutzung von BIM von der Planungs- über die Realisierungs- bis hin zur Betriebsphase ab 2019 sollte auch der Kern eines Zielniveaus nach 2020 (3. Stufe) erreicht werden (BMVI 2017). Es sollten zudem Leitfäden für die partnerschaftliche Zusammenarbeit und Musterverträge erstellt werden, die Anforderungen an die Daten (Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA)), Prozesse (BIM-Abwicklungsplan (BAP)) und Qualifikationen enthalten (siehe hierzu Kapitel 2.1.4). Hierzu hat das Kompetenzzentrum „BIM Deutschland“ im Januar 2020 seine Arbeit aufgenommen. BIM Deutschland ist das nationale Zentrum für die Digitalisierung des Bauwesens. Es ist die zentrale öffentliche Anlaufstelle des Bundes für Informationen und Aktivitäten rund um Building Information Modeling (BIM). Zu den Aufgaben gehören, den Bundes bei der Digitalisierung des Bauwesens durch Informieren, Beraten und Vernetzen zu unterstützen, Aus- und Weiterbildungskonzepte zu entwickeln, Erfahrungen aus Pilot- und Erfahrungsprojekten zusammenzutragen und Wissenstransfer zu schaffen. Das wurde das „BIM-Portal“<sup>7</sup> als eine „Plattform rund um BIM“ geschaffen, um als Online-Wissensplattform Zugang zu Klassifikations-, Merkmals- und AIA -Datenbanken sowie BIM-Objektvorlagen zu ermöglichen.

Inzwischen wurde für die schrittweise Einführung von BIM Masterpläne bzw. Implementierungsstrategien für den Hochbau wie auch die verschiedenen Bereiche der Verkehrsinfrastruktur – Wasser, Straße und auch Schiene erarbeitet: Beispielsweise hat das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) einen

<sup>7</sup> <https://via.bund.de/bim/infrastruktur/landing>

Masterplan BIM für Bundes(hoch)bauten (BMI & BMVg 2021) aufgelegt. Zielsetzung ist, mit digitalem Planen, Bauen und Betreiben die Effizienz und Geschwindigkeit des Bundesbaus verbessern. Dabei wird der Gesamtlebenszyklus der Gebäude betrachtet. Der Masterplan kennt verschiedene Level (1-3) und einen verbindlichen Zeithorizont (Abbildung 2.1-19).

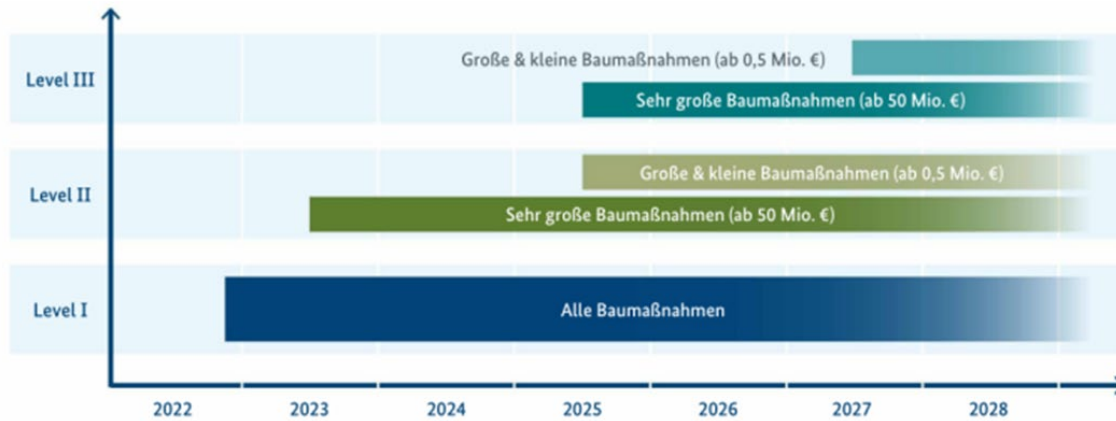


Abb. 2.1-19: Zielbild BIM für Bundesbauten – verbindliche Einführung von BIM für Bundesbauten (Quelle: BMI & BMVg 2021).

Der Masterplan BIM für Bundesfernstraßen (BMDV 2021) des Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMDV) sieht ein dreistufiges Phasenmodell vor, in dem zunächst die Grundlagen basierend auf einheitlichen Standards geschaffen werden sollen (Phase 1) und dann nach einem Einsatz „nach und nach“ beider der Autobahn GmbH und bei den Ländern (Phase 2) schließlich bei allen neuen Projekten eingesetzt werden soll (Abbildung 2.1-20).

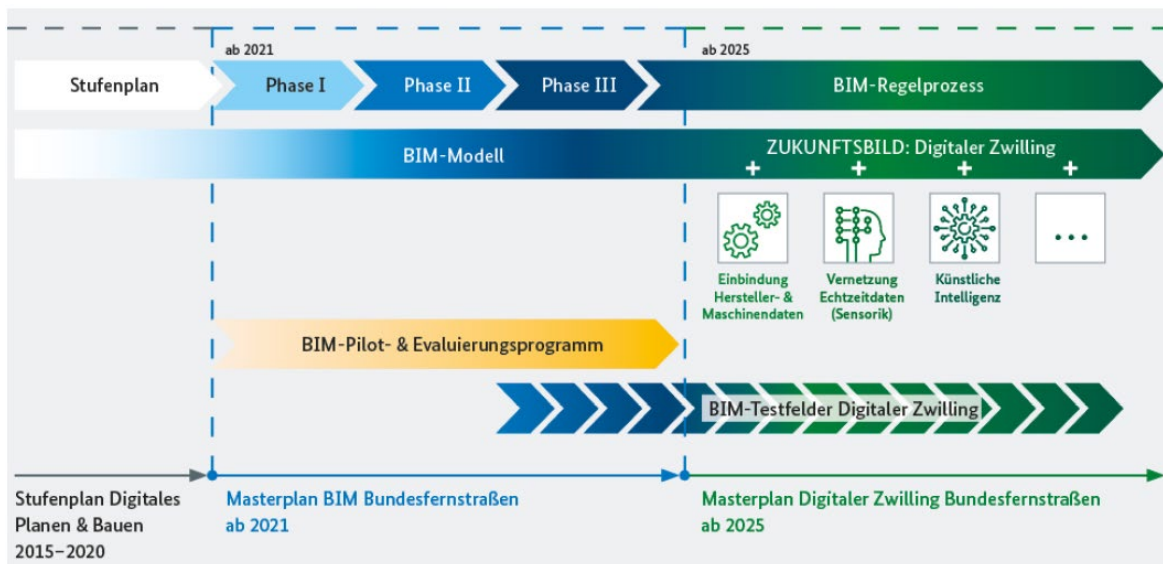


Abb. 2.1-20: Masterplan BIM für Bundesfernstraßen (Quelle: BMDV 2021)

Der VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) hat sich ebenfalls des Themas angenommen. Er hat sich im Rahmen eines KOORDINIERUNGSKREISES BIM (KK-BIM) zur Aufgabe gesetzt, den normativen Rahmen für das BIM in einer VDI-Richtlinie mit der Nummer 2552 bestehend aus elf Blättern zu schaffen (Jansen & Steinmann 2015, König et al. 2016, VDI 2021).



Normen zu BIM werden für Deutschland durch das Deutsche Institut für Normung (DIN) in Zusammenarbeit mit dem VDI, ggf. in Kooperation mit der deutschsprachigen Sektion von buildingSMART aufgestellt. Dabei sind die Regelungen auf europäischer Ebene (Technisches Komitee für BIM (TC 442) des CEN) und weltweit (ISO in den Organisationseinheiten TC59 „*Buildings and civil engineering works*“ und SC13 „*Organization of information about construction works*“) zum Thema zu beachten, da sie in die nationalen Normungen der Mitgliedsstaaten der Vereinigungen übernommen werden müssen (Abbildung 2.1-21).

Im Auftrag des BMVI hat das Deutsche Institut für Normung (DIN) die Deutsche Normungsroadmap BIM (DIN 2021) mit der Zielsetzung der herausgegeben, die zukünftige strategische Ausrichtung der Normung und Standardisierung im Bereich BIM festzulegen. Beteiligt waren neben den Experten des DIN-Normenausschusses Bauwesen (NABau) (federführend der Fachbereich 13 „BIM – Building Information Modeling“) der Verein Deutscher Ingenieure (VDI), building-SMART Deutschland und BIM Deutschland. Standardisierung und Normung von Schnittstellen sind unabdingbar, wenn im Zuge der Digitalisierung mit BIM mit unterschiedlichen Softwarelösungen zusammengearbeitet werden soll. Unter Einbeziehung aller relevanten Partner aus Wirtschaft, Wissenschaft, öffentlicher Hand und Gesellschaft soll die zukünftige strategische Ausrichtung der Normung und Standardisierung im Bereich BIM entwickelt werden. Normungsbedarf im Bereich BIM auf nationaler, europäischer wie internationaler Ebene soll identifiziert und die strategische Ausrichtung der Normung definiert. Schließlich sollen die Ergebnisse nach Beteiligung der Fachöffentlichkeit publiziert werden. Die in der Normungsroadmap BIM identifizierten Handlungsempfehlungen sollen priorisiert und sukzessive umgesetzt werden. Die Normungsroadmap soll kontinuierlich fortgeführt werden.

Für die Aufgaben der Netzbildung und Vor-Standardisierung hat sich 2023 bei buildingSMART Deutschland die Fachgruppe „BIM- und GIS-Integration“ im Arbeitsraum „Infrastruktur“ gegründet. Mit über 50 Expertinnen und Experten werden die Querschnittsthemen „Georeferenzierung von Bauwerksmodellen“, „GIS im BIM-Projektmanagement“ und „amtliche Geodaten für BIM“ öffentlich und gewerkeübergreifend diskutiert.

## 2.1.6 Building Information Modeling für den Infrastrukturbau

*Beitrag von André Borrmann*

### Hintergrund

Durch die Initiative des Bundesministeriums für Verkehr und Digitale Infrastruktur (BMVI), BIM flächendeckend in seinem Zuständigkeitsbereich einzuführen, wurde in Deutschland von staatlicher Seite – anders als in viele anderen Ländern – der Einsatz von BIM vor allem im Infrastrukturbau vorangetrieben. Dies betrifft die Planung, den Bau und den Betrieb von Straßen, Schienenwegen, und Wasserwegen einschließlich der dazugehörigen Ingenieurbauwerke Brücken, Tunneln, Schleusen und andere Ingenieurbauwerke. Infolge ihrer weiten räumlichen Ausdehnungen spielt der geodätische Raumbezug bei derartigen Baumaßnahmen eine wichtigere Rolle als bei typischen Hochbauprojekten. Die korrekte Nutzung von geodätischen Koordinatenreferenzsystemen ist bei der Erstellung und Verwendung von entsprechenden BIM-Modellen folglich besonders zu beachten.

Infolge des starken Impulses durch das BMVI hat die deutsche Bauwirtschaft die Umsetzung der BIM-Methode im Infrastrukturbau intensiv vorangetrieben und kann bereits umfassende Erfahrungen vorweisen.

### Unterschiede zwischen BIM im Hochbau und im Infrastrukturbau

Die Anwendung der BIM-Methode für den Infrastrukturbau hat zahlreiche Gemeinsamkeiten mit dem Hochbau, aber auch einige Unterschiede. Zu den Gemeinsamkeiten zählt u. a. die Arbeit mit einem geometrisch-semantischen Modell, das fachmodellbasierte Arbeiten mit regelmäßigem Zusammen-

führen aller Teilmodelle zu einem Koordinationsmodell sowie die Nutzung der Modelle für Anwendungsfälle wie die Mengenermittlung, die Kostenschätzung, die Erstellung der Leistungsverzeichnisse, die Nutzung für verschiedene Berechnungen, Nachweise und Simulationen (Borrmann et al. 2021).

Die entscheidenden Unterschiede liegen in folgenden Punkten:

1. Infrastrukturmaßnahmen haben i. d. R. eine deutlich größere geographische Ausdehnung als Hochbauvorhaben, entsprechend wichtig ist die Berücksichtigung eines geodätischen Bezugssystems mit seinen Abbildungseigenschaften (siehe Kapitel 2.1).
2. Infrastrukturprojekte, wie Straßen und Schienenwege samt ihrer Ingenieurbauwerke, basieren in ihrer Ausgestaltung auf einer Trassierung. Die Ermittlung von Trassierungselementen im Grund- und Aufriss auf Grundlage der Bestandsbeschreibungen zur Geotopographie und die Möglichkeit der Positionierung entlang der Achse sind wesentliche Voraussetzungen für die korrekte Modellierung.
3. Infolge der vorgenannten Punkte sind die heute verfügbaren Werkzeuge aus dem Bereich „Hochbau-BIM“ nur begrenzt einsetzbar. Ein sinnvoller Einsatz beschränkt sich i. Allg. auf die Modellierung der Ingenieurbauwerke. Aber auch hierfür sind häufig Programmierungen und Workarounds erforderlich, um beispielsweise die Geometrie an der Trasse auszurichten.
4. Die etablierten Softwaretools der Trassenplanung bilden die Erfordernisse und die Randbedingungen der Straßen- und Schienenwegplanung sehr gut ab und beziehen das hierfür notwendige Fachwissen ein. Gleichzeitig basieren sie heute häufig auf einem 2.5D-Ansatz, bei dem beispielsweise die Schichten eines Straßenkörpers nicht als 3D-Volumenkörper modelliert sind, sondern durch Flächen im 3D-Raum beschrieben werden. Damit sind diese Ansätze nur bedingt geeignet für bestimmte BIM-Anwendungsfälle, wie die Mengenermittlung oder auch die Kollisionskontrolle. Um dennoch die ausgereiften Funktionalitäten der bestehenden Trassenentwurfswerkzeuge verwenden zu können, hat sich in den BIM-Vorhaben eine hybride Vorgehensweise etabliert, bei der der Trassenentwurf mit den konventionellen Werkzeugen erfolgt und anschließend per neutralem Datenaustauschformat in 3D-Modellierungsprogramme übertragen wird. Gleichzeitig haben die Softwarehersteller aus dem Trassenplanungsbereich erhebliche Anstrengungen unternommen, um eine echte 3D-Volumenmodellierung entweder in ihre Systeme zu integrieren oder 3D-Modelle exportieren zu können.

Diese Unterschiede erfordern eine genaue Betrachtung, wie der Begriff „Building Information Modeling“ im Infrastrukturbereich zu interpretieren ist und wie die verfügbaren Technologien aus den Bereichen BIM-Modellierungssysteme, Trassierungssoftware und geodätischer Raumbezug in Form von Koordinatenreferenzsystemen (CRS, siehe Kapitel 2.1 und EN ISO 19111 2007) sinnvoll miteinander verbunden werden können, um das Ziel der Erhöhung der Planungsqualität- und Transparenz auf der einen Seite und der Weiternutzbarkeit für den Betrieb und die Instandhaltung auf der anderen Seite zu erreichen.

Abbildung 2.1-22 illustriert das Konzept der digitalen Kette anhand eines typischen Szenarios aus der Planung von Straßen oder Schienentrassen. Dabei werden Daten aus GIS-Systemen, wie digitale Geländemodelle, Katasterinformationen, umweltschutzrelevante Bereiche usw., als Planungsgrundlage verwendet. Darauf aufbauend erfolgt der ingenieurtechnische Entwurf der Trasse mithilfe eines „konventionellen“ Trassierungswerkzeugs, das zum einen den klassischen 2.5D-Ansatz des Entwurfs in drei Ebenen (Lageplan, Längsprofil, Querprofile) umsetzt, zum anderen aber in der Lage ist, daraus ein 3D-Modell zu berechnen und dieses bspw. als Grundlage für die Planung der Ingeni-

urbauwerke in einem „echten“ BIM-Autorenwerkzeug ausgeben kann, wo die geometrische Ausarbeitung dann i. d. R. in 3D erfolgt. Für die Datenübergabe zwischen den Systemen kommen sinnvollerweise offene Datenformate zum Einsatz, wie bspw. OKSTRA, LandXML, CityGML oder IFC. Die Eignung der Formate ist jeweils gesondert für das spezifische DatenaustauschszENARIO zu bewerten

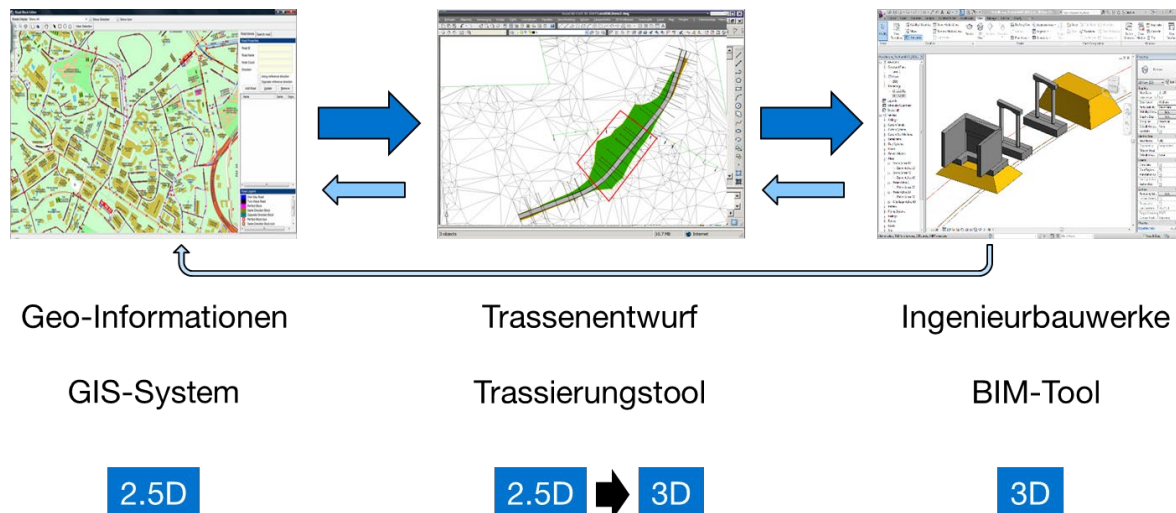


Abb. 2.1-22: Eine typische digitale Kette im Infrastrukturbau, bei der unterschiedliche Softwaresysteme mit unterschiedlichen Philosophien und Modellierungsparadigmen zusammenspielen müssen.

Im Kontext dieses Leitfadens ist besonders relevant, dass GIS und Trassenentwurfssysteme in aller Regel auf geodätischen Koordinatenreferenzsystemen beruhen, also im projizierten, verzerrten Raum arbeiten, während BIM-Werkzeug häufig nur die unverzerrte 1:1-Modellierung kennen (Markic et al. 2019). Daher ist an dieser Stelle ganz besonders auf die korrekte Transformation bzw. Rücktransformation geographischer bzw. geometrischer Informationen zu achten, um Planungsfehler zu vermeiden (Jaud et al. 2019 2020). Nähere Ausführungen hierzu sind Abschnitt 2.1 zu entnehmen. Zudem ist der inhärenten Mehrskaligkeit von BIM-Projekten Rechnung zu tragen (Borrmann et al. 2015).

Eine einwandfreie Interpretierbarkeit und die Universalität von Koordinaten beim Datenaustausch sind nur gegeben, wenn die Art der Koordinaten den Nutzern bekannt ist. Eine diesbezügliche Dokumentation – als Teil der Metainformationen – ist zwingend, was insbesondere zu beachten ist, wenn raumbezogene Daten unterschiedlicher Herkunft (insb. aus unterschiedlichen Software-Programmen bei fachübergreifender Verwendung) und Zeit (z. B. die Nutzung alter Datenbestände für Vergleichszwecke) in einen Kontext gebracht werden müssen. Bei der BIM-Methode im Allgemeinen und bei Infrastrukturvorhaben im Speziellen gilt es, dies durchgehend zu beachten.

#### **Initiative des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur**

Zur Vorbereitung der verbindlichen Einführung der BIM-Methode für alle Bauvorhaben in seinem Zuständigkeitsbereich hat das BMVI eine Reihe von vorbereitenden Maßnahmen durchgeführt. Eine wesentliche Rolle spielte dabei die Initiative BIM4INFRA2020, die im Auftrag des BMVI im Zeitraum von 2017 bis 2019 die folgenden Aufgaben übernommen hat:

- Analyse des Status quo,
- Begleitung von BIM-Pilotvorhaben der Länder,
- Schulung und Weiterbildung der Vorhabenträger,
- Entwicklung von Umsetzungsszenarien auf der Basis von BIM-Anwendungsfällen,

- Analyse des Potenzials bei Durchführung von Prüfvorgängen,
- Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen,
- Erarbeitung von Handreichungen für Auftraggeber und Auftragnehmer,
- Entwicklung eines Datenbankkonzepts,
- Erarbeitung von Handlungsempfehlungen.



Abb. 2.1-23: Tunnel Frankenschnellweg, BIM-Projekt der Stadt Nürnberg (Quelle: Schüssler Plan).

Die entstandenen Studien und Berichte sind über die Webseite [www.bim4infra.de](http://www.bim4infra.de) beziehbar. Ein wichtiger Teil der Ergebnisse war die Definition von 20 Standard-Anwendungsfällen im Infrastrukturbau (Abb. 2.1-24) sowie die darauf aufbauende Definition von umfangreichen Handreichungen und Mustern für AIA und BAP, die heute im breiten Einsatz bei zahlreichen BIM-Projekten sind.

Nr	Anwendungsfälle	Leistungsphasen gem. HOAI									Betrieb
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<b>Bestandserfassung</b>											
AwF 1	Bestandserfassung	■	■								
<b>Planung</b>											
AwF 2	Planungsvariantenuntersuchung		■								
AwF 3	Visualisierungen		■	■	■	■			■		
AwF 4	Bemessung und Nachweisführung		■	■	■	■					
AwF 5	Koordination der Fachgewerke		■	■	■	■					
AwF 6	Fortschrittskontrolle der Planung		■	■	■	■					
AwF 7	Erstellung von Entwurfs- und Genehmigungsplänen		■	■	■	■					
AwF 8	Arbeits- und Gesundheitsschutz: Planung und Prüfung		■	■	■	■			■		
AwF 10	Kostenschätzung und Kostenberechnung		■	■	■	■					
<b>Genehmigung</b>											
AwF 9	Planungsfreigabe		■	■	■	■					
<b>Vergabe</b>											
AwF 11	Leistungsverzeichnis, Ausschreibung, Vergabe						■	■			
<b>Ausführungsplanung und Ausführung</b>											
AwF 12	Terminplanung der Ausführung			■	■	■			■		
AwF 13	Logistikplanung			■	■	■			■		
AwF 14	Erstellung von Ausführungsplänen			■	■	■			■		
AwF 15	Baufortschrittskontrolle								■		
AwF 16	Änderungsmanagement								■		
AwF 17	Abrechnung von Bauleistungen								■		
AwF 18	Mängelmanagement								■	■	
AwF 19	Bauwerksdokumentation								■	■	
<b>Betrieb</b>											
AwF 20	Nutzung für Betrieb und Erhaltung										■

Abb. 2.1-24: 20 BIM-Anwendungsfälle, die von BIM4INFRA2020 definiert worden sind und heute weit verbreitet sind.

Einen wichtigen Schwerpunkt bei der Einführung von BIM im Straßen- und Schienenbau bildete die Durchführung von Pilotvorhaben. Die Pilotvorhaben wurden wissenschaftlich begleitet, um die Nutzung der BIM-Methodik zu analysieren sowie noch bestehende Hemmnisse und Verbesserungspotenziale zu identifizieren. Bereits 2014 wurden die ersten BIM-Pilotprojekte im Infrastrukturbau durchgeführt und von der Arbeitsgemeinschaft INFRABIM wissenschaftlich begleitet. Im Rahmen des Projekts BIM4RAIL wurden die Pilotprojekte der Deutschen Bahn im Jahr 2018 intensiv untersucht. Die Initiative BIM4INFRA2020 hat die Begleitung der Pilotprojekte der Länder übernommen. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Analyse sind auf den Webseiten der einzelnen Begleitungsprojekte veröffentlicht.

Im Zuge der wissenschaftlichen Begleitung der ersten BIM-Pilotprojekte wurde eine BIM-Reifegradmetrik entwickelt, mit deren Hilfe die Umsetzung der BIM-Methodik in einem Bauvorhaben gemessen werden kann (Borrmann et al. 2017). Die Reifegradmetrik besteht aus insgesamt 62 Kriterien, die einen weiten Bereich der verschiedenen Aspekte der möglichen BIM-Umsetzung in einem Bauvorhaben abdecken. Für jede Frage wird die BIM-Nutzung mit Punkten von 0 bis 5 bewertet. Die Anwendung der BIM-Reifegradmetrik auf die ersten BIM-Pilotvorhaben ließ die Schwachpunkte der BIM-Umsetzung klar erkennen. Sie bildet die Grundlage für entsprechende Handlungsempfehlungen und führt dazu, dass in nachfolgenden Projekten eine tiefgreifendere BIM-Umsetzung erfolgte.

Einige der größeren Vorhabenträger haben die Pilotphase verlassen und setzen BIM bereits in der Breite ein. Sie sprechen folglich nicht mehr von BIM-Pilotprojekten, sondern von BIM-Projekten.

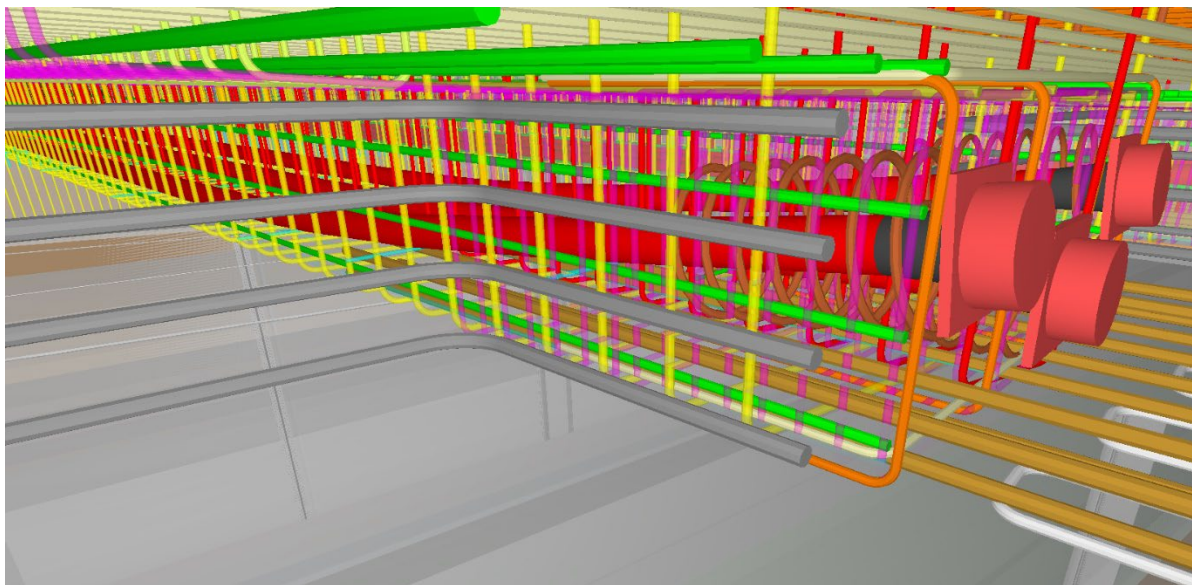


Abb. 2.1-25: Hochdetaillierte Modellierung der Bewehrung einer Spannbetonbrücke (Quelle: KBK Ingenieure).

Im Juli 2019 wurde das Nationale BIM-Kompetenzzentrum „BIM Deutschland“ als gemeinsame Initiative von BMVI und BMI ins Leben gerufen<sup>8</sup>. Es treibt die Einführung der BIM-Methode sowohl im Infrastruktur- als auch im Hochbau weiter voran und fokussiert dabei vor allem auf die kontinuierliche Harmonisierung der verschiedenen Entwicklungen. Zudem hat „BIM Deutschland“ am „Masterplan BIM im Bundesfernstraßenbau“ des BMVI mitgewirkt, der die strategische Weiterentwicklung der Digitalisierung in diesem Bereich für die nächsten Jahre fortschreibt.

<sup>8</sup> [www.bimdeutschland.de](http://www.bimdeutschland.de)





Abb. 2.1-26: Mainbrücke Mainflingen, BIM-Vorhaben der Autobahndirektion Nordbayern (Quelle: LAP Ingenieure).

### Strategische Entwicklungen großer Vorhabenträger im Infrastrukturbau

Große öffentliche bzw. halböffentliche Auftraggeber im Infrastrukturbereich haben in Reaktion auf den Impuls durch das BMVI eigene BIM-Strategien entwickelt.

Die Deutsche Bahn hat bereits im Jahr 2017 detaillierte BIM-Richtlinien veröffentlicht (Deutsche Bahn 2017). Im Jahr 2019 wurde ein umfassendes Strategiepapier zur Implementierung von BIM im Vorstandsressort Infrastruktur der Deutschen Bahn veröffentlicht, in dem detaillierte Zielbilder und ein Zeitrahmen sowie die Handlungsfelder und zu ergreifenden Maßnahmen dargelegt werden. Zudem wurden zahlreiche Pilotprojekte durchgeführt. Eine ausführliche Darstellung der BIM-Strategie der DB Netz AG ist in (Forsmann & Klar 2021) zu finden.

Bei der BIM-Anwendung im Straßenbau nimmt die DEGES eine führende Rolle ein. Auch hier sind bereits früh zahlreiche Pilotprojekte durchgeführt worden und detaillierte Richtlinien entstanden<sup>9</sup>. (Bard et al. 2021) geht ausführlich auf die BIM-Strategie der DEGES ein. Daneben haben einzelne Ableger der Autobahn GmbH bereits umfangreiche Erfahrungen sammeln können. Als Vorreiter gelten hier die ehemaligen Autobahndirektionen in Südbayern und Nordbayern, die auf zahlreiche durchgeführte BIM-Projekte im Brückenbau verweisen können.

Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes verfolgt für den Bereich des Wasserstraßenbaus ebenfalls eine umfassende BIM-Strategie (WSV 2020).

Daneben gibt es zahlreiche weitere Initiativen, zum Teil mit regionalem Charakter. Beispielhaft seien hier die Aktivitäten von „BIM.Hamburg“<sup>10</sup>, dem Freistaat Bayern<sup>11</sup> und dem Bundesland NRW<sup>12</sup> genannt. Aber auch größere Kommunen haben vereinzelt schon Erfahrungen mit BIM gesammelt, darunter bspw. Nürnberg (u. a. Tunnel Frankenschnellweg) und München (Kennedybrücke).

---

<sup>9</sup> <https://www.deges.de/building-information-modeling-bim>

<sup>10</sup> <https://bim.hamburg.de/>

<sup>11</sup> BIM-Leitfaden – Digitales Planen, Bauen und Betreiben im Bereich Straßen- und Brückenbau, Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr, 2021

<sup>12</sup> <https://www.strassen.nrw.de/files/oe/partner/bim/bim-bei-strassen-nrw.pdf>

### **Erweiterungen des IFC-Standards**

Der herstellerneutrale Datenaustauschstandard Industry Foundation Classes (IFC) wurden in den letzten Jahren sukzessive um Elemente zur Beschreibung baulicher Infrastruktur erweitert. Die aktuelle Version IFC 4.3, die kurz vor der finalen Veröffentlichung steht, enthält in der Folge umfangreiche Teile zur Beschreibung von Straßen, Schienenanlagen und Brücken (Borrmann et al. 2019). Eine wesentliche Grundlage bildet die Beschreibung der Trassierung (engl. Alignment) und die Möglichkeit der linearen Referenzierung entlang dieser Trassierung entsprechend ISO 19148 (Jaud et al. 2021).

### **Fachgruppe „BIM-Verkehrswege“ des buildingSMART Deutschland e. V. – Vorstandardisierung und Veröffentlichung „BIM-Klassen der Verkehrswege“**

*Beitrag von Uwe Hüttner*

Als Fachgruppe innerhalb des Arbeitsraums Infrastruktur des buildingSMART Deutschland e. V. hat sich der Zusammenschluss von mehr als 80 Experten aus über 56 Mitgliedsfirmen und Institutionen im Sommer 2018 gegründet. Durch die breite Vernetzung in viele andere Gremien und Verbände und die interdisziplinäre Besetzung der Fachgruppe ist diese optimal aufgestellt, um eine fachliche Vereinheitlichung von Begriffen, Standards und Definitionen innerhalb des kompletten Planungs-Ausführungs- und Betriebsprozesses einer Verkehrswegemaßnahme anzustoßen. Im Mai 2020 erfolgte die erste Veröffentlichung der Fachgruppe BIM-Verkehrswege mit den „BIM – Klassen der Verkehrswege“ als Ergebnis der ehrenamtlichen Gremienarbeit. Der Katalog wird aktuell vervollständigt, erweitert und planmäßig bis Ende 2021 in einer erweiterten und komplettierten Ausgabe herausgegeben.

Ein Schwerpunkt der Fachgruppe ist die Vorbereitung der Standardisierung. Als Analogie für die Tätigkeiten des buildingSMART lässt sich ein Segelschiff verwenden, welches in den Zielhafen der Standardisierung steuert und mit möglichst viel Wind (aktiven Mitgliedern) hierbei Fahrt aufnimmt. Als Hafen der Standardisierung lässt sich die Normierung verstehen. International betrachtet gibt es drei Stufen der Normung. Angefangen bei der Internationalen Organisation für Normung – ISO, über das Comité Européen de Normalisation/europäisches Komitee für Normung – CEN, bis zu dem nationalen DIN (Deutsches Institut für Normung) oder dem Verein Deutscher Ingenieure – VDI mit den VDI-Regelungen.

### **Fachgruppe BIM-Verkehrswege**

Zu den aktiv Mitwirkenden und Beteiligten zählen Mitarbeiter von Bauverwaltungen, Betreibern und Investoren, Planungs- Ingenieur- und Vermessungsbüros, Bauunternehmen, BIM-Berater, Lehre und Forschung und Softwareunternehmen. Dadurch ist sichergestellt, dass die Belange aller am Bau Beteiligten berücksichtigt werden. Die Fachgruppe BIM-Verkehrswege aus besteht aus sieben Untergruppen:

- Vermessung/Bestand
- Baugrund/Geologie
- Straße/Entwässerung
- Brücke/Ingenieurbauwerk
- Bahn
- Tunnel/Spezialtiefbau
- Wasserweg/Hafen

### **Motivation und Ziele der Fachgruppe**

Durch fehlende Standards wurden in der Vergangenheit viele Insellösungen parallel entwickelt, was wiederum eine Weiterverwendung der gewonnenen Daten oder eine Nutzung und Bearbeitung über

den gesamten Lebenszyklus eines Verkehrswegs im Sinne von OpenBIM erschwert. Die Infrastruktur-Experten der buildingSMART-Fachgruppe „BIM – Verkehrswege“ sind sich einig, dass ein gemeinsames Verständnis wesentlicher Fachbedeutungen sowie Begriffe im Sinne eines Standards teilweise fehlen.

Um eine einheitliche Begrifflichkeit in allen Fachmodellen und Fachbereichen zu erreichen, hat sich die Fachgruppe folgende Aufgaben gestellt:

- Definition der Klassen für Verkehrswege,
- Festlegung erforderlicher Merkmale für die Klassen,
- Zuordnung der Merkmale zur LOIN-Ausprägung.

### **Zusammenarbeit**

Dank vielfältiger personeller Überschneidungen bestehen sehr gute Kontakte zu Forschungsprojekten und Expertengruppen, wie beispielsweise BIM4Infra2020, BIMSTRUCT, IFC Bridge, IFC Road, IFC Rail, BIM4Rail, BIMSWARM, planen-bauen 4.0, Gesellschaft zur Digitalisierung des Planens, Bauens und Betreibens mbH und BIM Deutschland (ehemals: BIM Kompetenzzentrum des Bundes). Eine enge Zusammenarbeit erfolgt auch mit Fachverbänden und Vereinen, wie BAST (OKSTRA), BVBS, DAUB, DVW, VDV, DIN und dem VSVI. Seit 2021 besteht eine strategische Zusammenarbeit mit dem DWA. Wesentliche Entwicklungen und Sichtweisen aus diesen Bereichen können bei der Arbeit der Fachgruppe „BIM – Verkehrswege“ daher berücksichtigt werden.

Nach eineinhalbjähriger Tätigkeit erreichte die Fachgruppe einen Arbeitsstand, der einen ersten umfassenden Überblick über die Klassen im Bereich Verkehrswege ermöglicht. Ziel des Papiers ist daher die Veröffentlichung des Katalogs „BIM-Klassen der Verkehrswege“ (buildingSMART Deutschland 2021). Neben einem regelmäßigen Abgleich mit den Entwicklungen im Bereich der internationalen IFC-Standardisierung sind Grundsätze relevanter Normen und Vorschriften berücksichtigt (z. B. ISO 23386, VDI 2552, ASB etc.).

### **Veröffentlichung**

Die Fachgruppe verfolgt mit dem vorliegenden Katalog und der kommenden Fortschreibung das Ziel einer Auflistung der für die BIM-Modellierung im Bereich Verkehrswege fachspezifisch erforderlichen Klassen und Gruppen. Getreu dem Motto „weniger ist mehr“ wurden daher in der vorliegenden Arbeit zunächst nicht die Regelwerke und Vorschriften als Grundlage genommen, diese zusammengeführt, normalisiert und anschließend Doppelungen entfernt. Stattdessen haben die Experten ausgehend vom Prozessziel des Planens, Bauens und Betriebens die Elemente der Verkehrsweg-Infrastruktur analysiert und definiert, wie sich diese am besten durch Klassen beschreiben lassen. Eingeflossen sind dabei fachliche Anforderungen aus Verwaltungen, Planungsbüros, der Bauwirtschaft sowie Sichtweisen für die EDV-technische Umsetzung der Klassen. Der Katalog „BIM-Klassen der Verkehrswege“ vereint das langjährige Know-how einer breiten Fachschaft im Bereich Verkehrswege. Er legt besonderen Wert auf die Eindeutigkeit der Klassen. Doppelungen werden im Sinne einer widerspruchsfreien BIM-Methodik ausgeschlossen, einheitliche Begriffe definiert und fachlich identische Klassen gleicher Merkmale, die sich nur in ihrer Geometrie unterscheiden, zusammengefasst. Hierdurch kann die Anzahl der Klassen reduziert und eine bessere Übersicht erreicht werden. Der Katalog vereint in seiner ersten vorliegenden Version die Ergebnisse der Arbeitsgruppen:

- Vermessung/Bestand
- Baugrund/Geologie
- Straße/Entwässerung
- Brücke/Ingenieurbauwerk

Der Umfang der Aufgabe, die Besetzung der Arbeitsgruppen sowie der Grad der Abstimmungserfordernisse führte dazu, dass die Ergebnisse folgender Fachgebiete im Katalog „BIM-Klassen der Verkehrswege“ erst ab Version 2.0 enthalten sind:

- Bahn
- Tunnel/Spezialtiefbau
- Wasserweg/Hafen

### **Ausblick und Version 2.0**

Ein wesentlicher Inhalt der Erweiterung zur Version 2 ist ein erweitertes Konzept der Klassenspezifizierung durch die Metadaten Klasse und Metadaten zur Geometrie. Dadurch soll zum einen die Anzahl der unterschiedlichen Klassen minimiert und die Nutzbarkeit durch Softwarelösungen vereinfacht werden. Zusätzlich werden die meisten Klassen zur besseren Nutzung mit Definitionen und Erläuterungen erweitert.

Neben dem Katalog „BIM-Klassen der Verkehrswege“ hat sich die Fachgruppe die weiteren Ziele wie Praxis Datenaustausch, Modellierungsrichtlinie für Anwendungsfälle oder Koordinatensysteme vorgenommen. Zeitraum und Umfang der Bearbeitung hängen insbesondere von den zur Verfügung stehenden Ressourcen auf Seiten der Beteiligten ab. Weiterhin sind die Ziele der Fachgruppe mit den aktuellen Entwicklungen in der BIM-Standardisierung auf internationaler und nationaler Ebene, z. B. BIM Deutschland, abzugleichen und ggf. neu zu justieren.

Mit dem aktuell laufenden Deployment bzw. der Fertigstellung der Version IFC 4.3 ist ein weiterer Schritt zur Standardisierung international getan. Darin enthalten sind wesentliche Elemente zum Datenaustausch in der Infrastruktur. Mit der Arbeit der Fachgruppe wird die Standardisierung der IFC-Schnittstellen unterstützt und vor allem die Belange der deutschen Fachschaft vertreten. Auf Grundlage der in der Fachgruppe umfassend vorhandenen Expertise und einheitlicher Klassendefinitionen entsprechend des vorstehenden Kataloges „BIM-Klassen der Verkehrswege“ bringt diese Arbeit den Normierungsprozess zielgerichtet voran. Wichtig und ein wesentliches Ziel der Fachgruppe ist dabei der Austausch und die Zusammenarbeit mit vorgenannten bundesweiten Gremien, Pilotprojekten und Forschungsprojekten. Parallelentwicklungen müssen nach Ansicht der Fachgruppe vermieden werden. Nationales Ziel ist eine einheitliche Definition/Schnittstelle für den BIM-Datenaustausch im Fachbereich der Verkehrswege.

Ein aktive Mitarbeit Interessierter ist ausdrücklich erwünscht ([www.BIM-Verkehrswege.de](http://www.BIM-Verkehrswege.de)).

### **2.1.7 Fazit**

Die Digitalisierung im Bauwesen ist mittlerweile im vollen Gange. BIM nimmt dabei eine zentrale Rolle ein. Unterstrichen wird dies durch die explizite Erwähnung von BIM im Rahmen der Digitalisierungsstrategie im Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung. Die Methode BIM wird international und in Deutschland zunehmend Bestandteil der Planung, des Baus und der Bewirtschaftung von Bauwerken. Die BIM-Methode zeichnet sich zusammengefasst insbesondere durch

- Objektstrukturierung,
- digitale Zusammenarbeit und
- die operative Umsetzung über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks

aus. BIM als kooperative digitale Arbeitsweise verspricht eine Steigerung von Effizienz und Fehlervermeidung sowie eine Reduktion der Kosten.

Geodäten, egal ob GIS-Experten oder Vermessungsingenieure, können mit ihrem Fachwissen eine führende Rolle bei der Etablierung der BIM-Methode übernehmen. Dazu müssen sich Geodäten mit dem BIM-Prozess und den damit verbundenen organisatorischen und informationstechnischen Aspekten auseinandersetzen. Berufspolitisch ist es jetzt wichtig, BIM-Richtlinien und Standards aus

geodätischer Sicht zu gestalten, damit Vermessungsunternehmen im operativen Geschäft wie gewohnt hohe Qualität liefern können.

## Literatur

- Arbeitsgruppe Hochbau im Arbeitskreis Digitalisiertes Bauen im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V. (2019): BIM im Hochbau – Technisches Positionspapier der Arbeitsgruppe Hochbau im Arbeitskreis Digitalisiertes Bauen im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V.
- AK NRW (2019): Architektenkammer NRW: [https://www.aknw.de/fileadmin/user\\_upload/Publikationen-Broschueren/Broschuere\\_BIM\\_final.pdf](https://www.aknw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen-Broschueren/Broschuere_BIM_final.pdf).
- Bard, M.; Breinig, W.; Gonzalez-Hernandez, A.; Irgangtinger, A.; Rahm, T.; SIEGERT, S. (2021): BIM bei der DEGES. In: Borrmann, A. et al. (Hrsg.): Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Bauen Digital Schweiz (2021): Use Case Management. <https://bauen-digital.ch/de/projekte/use-case-management>.
- Becker, R.; Lublasser, E.; Martens, J.; Wollenberg, R.; Zhang, H.; Brell-Cokcan, S.; Blankenbach, J. (2019): Enabling BIM for Property Management of Existing Buildings Based on Automated As-is Capturing. In: Proceedings of the 36th ISARC, Banff, Alberta, Canada. DOI: <https://doi.org/10.22260/ISARC2019/0028>.
- BLB NRW (2018): Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW: BIM-Richtlinie des BLB NRW – Auftraggeber-Informationen-Anforderungen für die BIM-Projekte, Version: 1.01 – 30.11.2018.
- BIM4INFRA2020 (2019): Handreichungen und Leitfäden – Teil 6. [https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020\\_AP4\\_Teil6.pdf](https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020_AP4_Teil6.pdf).
- BIMFORUM (2016): Level of Development Specification, 2016. <http://bimforum.org/lod/> (Juni 2017).
- BIM Industry Working Group (2011): BIM Industry Working Group: A report for the Government Construction Client Group – Building Information Modeling (BIM) Working Party Strategy Paper, 2011. <http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/BIS-BIM-strategy-Report.pdf> (Februar 2016).
- BMI & BMVg (2021): Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat & Bundesministerium der Verteidigung (Hrsg.): Masterplan BIM für Bundesbauten. Erläuterungsbericht
- BMDV (2021): Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur Masterplan (Hrsg.): BIM Bundesfernstraßen. Digitalisierung des Planens, Bauens, Erhaltens und Betreibens im Bundesfernstraßenbau mit der Methode Building Information Modeling (BIM)
- BMVI (2015a): Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Reformkommission Bau von Großprojekten – Endbericht, 2015. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/reformkommission-bau-grossprojekte-endbericht.pdf> (Februar 2016).
- BMVI (2015b): Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Stufenplan Digitales Planen und Bauen, 2015. [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile) (Juni 2017).
- BMVI (2017): Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Umsetzung des Stufenplans Digitales Planen und Bauen – Erster Fortschrittsbericht, Stand Januar 2017. [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bim-umsetzung-stufenplan-erster-fortschrittsbe.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bim-umsetzung-stufenplan-erster-fortschrittsbe.pdf?__blob=publicationFile) (Juni 2017).
- BMVI (2017): Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Masterplan Bauen 4.0. <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/strategiepapier-masterplan-bauen.html>
- BMVI (Hrsg.) (2019): BIM4INFRA2020 – Handreichungen und Leitfäden – Teile 1 bis 10; <https://bim4infra.de/leitfaeden-muster-und-handreichungen>
- Borrmann, A.; Berkahn, V. (2015): Grundlagen der geometrischen Modellierung. In: Borrmann, A. et al. (Hrsg.): Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-6580-5605-6.

- Borrmann, A.; Kolbe, T. H.; Donaubauer, A.; Steuer, H.; Jubierre, J. R.; Flurl, M. (2015): Multi-Scale Geometric-Semantic Modeling of Shield Tunnels for GIS and BIM Applications. In: *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 30 (4), 263-281
- Borrmann, A.; Amann, J.; Chipman, T.; Hyvärinen, J.; Liebich, T.; Mol, L.; Muhic, S.; Plume, J.; Scarponcini, P. (2017): IFC Infra Overall Architecture Project – Documentation and Guidelines.
- Borrmann, A.; König, M.; Hochmuth, M.; Liebich, T.; Elixmann, R. (2017): Die INFRABIM-Reifegradmetrik. In: *Bautechnik*, 94 (4), 215-219.
- Borrmann, A.; Muhic, S.; Hyvärinen, J.; Chipman, T.; Jaud, Š.; Castaing, C.; Dumoulin, C.; Liebich, T.; Mol, L. (2019): The IFC-Bridge project – Extending the IFC standard to enable high-quality exchange of bridge information models. Proc. of EC3 Conference, Chania, Crete.
- Borrmann, A.; Beetz, J.; Koch, C.; Liebich, T. (2021): Industry Foundation Classes – Ein herstellerunabhängiges Datenmodell für den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks. In: Borrmann, A.; König, M.; Koch, C.; Beetz, J. (Hrsg.): *Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. 2. Auflage. Wiebaden: Springer Vieweg.
- Borrmann, A.; König, M.; Koch, C.; Beetz, J. (Hrsg.) (2021): *Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. 2. Auflage. Wiesbaden, Springer Vieweg
- BuildingSmart (2019): Industry Foundation Classes. <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/> (August 2019).
- buildingSmart Deutschland (2021): BIM-Klassen der Verkehrswege. 1. Auflage Mai 2020. A4, broschiert, 28 Seiten. Buch: ISBN 978-3-948742-04-01, E-Book: ISBN 978-3-948742-05-8. Kombi-Ausgabe (E-Book und Buch): ISBN 978-3-948742-06-5.
- Castaing, C. (Project Lead); Borrmann, A. (Technical Lead); Benning, P.; Dumoulin, C.; Chipman, T.; Hyvärinen, J.; Liebich, T.; Markič, S.; Mol, L.; Muhič, S.; Moon, H.; Myllymaki, H.; Suo, N.; Song, S.; Shanding, A.; Siming, L.; Yi, Z.; Yabuki, N.; Zhao, F. (2018): BuildingSmart IFC-Bridge Fast Track Project. Report WP1: Requirements analysis.
- DEGES (2020): BIM bei der DEGES. DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH, Berlin. <https://www.deges.de/building-information-modeling-bim/> (Januar 2020).
- Deutsche Bahn (2017): Vorgaben zur Anwendung der BIM-Methodik. Deutsche Bahn AG. [http://www1.deutschebahn.com/sus-infoplattform/start/Vorgaben\\_zu\\_Anwendung\\_der\\_BIM-Methodik.html](http://www1.deutschebahn.com/sus-infoplattform/start/Vorgaben_zu_Anwendung_der_BIM-Methodik.html) (Januar 2021).
- Deutsche Bahn (2019): BIM-Strategie – Implementierung von Building Information Modeling im Vorstandsressort Infrastruktur. Deutsche Bahn AG, [https://www.deutschebahn.com/de/bahnwelt/bauen\\_bahn/BIM-1186016](https://www.deutschebahn.com/de/bahnwelt/bauen_bahn/BIM-1186016) (Januar 2021).
- Deutsches Institut für Normung (2020): Startschuss für Normungsroadmap BIM. <https://www.din.de/de/din-und-seine-partner/presse/mitteilungen/startschuss-fuer-normungsroadmap-bim-721010>.
- DIN (2021): Deutsche Institut für Normung: Deutsche Normungsroadmap BIM. Version 1
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. (2011): *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. 2nd Ed. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Egger, M.; Hausknecht, K.; Liebich, T.; Przyblo, J. (2013): BIM-Leitfaden für Deutschland – Information und Ratgeber – Endbericht, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung (BBR). <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bim-leitfaden-deu.html> (Juni 2017).
- EN ISO 19111 (2007): *Geoinformation – Koordinatenreferenzsysteme*. Berlin: Beuth.
- EU (2014): Richtlinie 2014/24/EU des europäischen Parlamentes und des Rates vom 26. Februar 2014 über die öffentliche Auftragsvergabe und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/18/EG. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32014L0024> (Juni 2017).

- EU BIM Task Group (2019): Handbuch für die Einführung von Building Information Modelling (BIM) durch den europäischen öffentlichen Sektor. <http://www.eubim.eu/handbook-selection/german-handbook/> (Juli 2019).
- Forstmann, D.; Klar, S.: Building Information Modeling (BIM) bei der DB Netz AG. In: Borrmann, A. et al. (Hrsg.): Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Hausknecht, K.; Liebich, T. (2016): BIM-Kompodium – Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Stuttgart: Fraunhofer IRB. ISBN 978-3-8167-9489-9.
- Helmus, M.; Meins-Becker, A.; Feller, D. J.; Klusmann, B.; Hort, G.; Meng, Z. (2020): Leitfaden zur Strukturierung und Aufbau von BIM-Anwendungen. Bergische Universität Wuppertal Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft /BIM-Institut.
- Heuncke, O. (2017): Planung und Umsetzung von Bauvorhaben mit amtlichen Lage- und Höhenkoordinaten. In: zfv, 142 (3), S. 180-187.
- Jansen, F.; Steinmann, R. (2015): VDI Agenda – Building Information Modeling / BIM im VDI-Koordinierungsausschuss. In: Scherer, R. J.; Opitz, F. (Hrsg.): Bauinformatik – Baupraxis 2015: Leitlinien – Richtlinien – Normen – Ergebnisse aus dem VDI-Koordinierungskreis BIM, Tagungsband 6. Fachkonferenz Bauinformatik – Baupraxis, Dresden 2015. ISBN 978-3-8678-0458-5.
- Jaud, Š.; Donaubaauer, A.; Borrmann, A. (2019): Georeferencing within IFC: A Novel Approach for Infrastructure Objects, In: Cho, Y. K.; Leite, F.; Behzadan, A.; Wang, C. (Eds): Computing in Civil Engineering 2019: Visualisation, Information Modelling, and Simulation, American Society of Civil Engineers, 2019.
- JAUD, Š.; DONAUBAUER, A.; HEUNECKE, O.; BORRMANN, A. (2020): Georeferencing in the context of building information modelling, Automation in Construction, Volume 118, 103211, 2020.
- Jaud, Š.; Esser, S.; Wikstroem, L.; Muhic, S.; Mirtschin, J.; Borrmann, A. (2021): A critical analysis of linear placement in IFC models. In: Proceedings of the 13th European Conference on Product and Process Modelling (ECPM 2020 – 2021), Moscow, Russian Federation, 2021.
- König, M.; Amann, J.; Borrmann, A.; Braun, M.; Elixmann, R.; Eschenbruch, K.; Goetz, A.; Hausknecht, K.; Hochmuth, M.; Liebich, T.; Nejatbakhsh, N.; Scheffer, M.; Singer, D. (2016): Wissenschaftliche Begleitung der BMVI Pilotprojekte zur Anwendung von BIM im Infrastrukturbau. <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bim-materialsammlung.html> (Juni 2017).
- May, I. (2015): BIM in planen-bauen 4.0. In: Scherer, R. J.; Opitz, F. (Hrsg.): Bauinformatik – Baupraxis 2015: Leitlinien – Richtlinien – Normen – Ergebnisse aus dem VDI-Koordinierungskreis BIM, Tagungsband 6. Fachkonferenz Bauinformatik – Baupraxis, Dresden. ISBN 978-3-8678-0458-5.
- Markič, S.; Windischer, G.; Glatzl, R. W.; Hofmann, M.; Borrmann, A.; Bergmeister, K. (2019): Requirements for geo-locating transnational infrastructure BIM models, In: Peila, D.; Viggiani, G.; Celestino, T. (Eds): Tunnels and Underground Cities. Engineering and Innovation Meet Archaeology, Architecture and Art. Proceedings of the WTC 2019 ITA-AITES World Tunnel Congress (WTC 2019), CRC Press.
- NATSPEC (2013): BIM and LOD, Building Information Modeling and Level of Development. Australien: Construction Information Systems Limited, 2013, ABN 20 117 574 606.
- NBIM (2016): BIM-Definition des National Building Information Model Standard Project Committee (NBIM). <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1> (Februar 2016).
- Mortenson, M. E. (2006): Geometric Modeling. 3rd Edition, Industrial Press. ISBN 978-0-8311-3298-9.
- Remes, J.; Manyika, J.; Bughin, J.; Woetzel, J.; Mischke, J.; Krishnan, M. (2018): Solving the productivity puzzle: the role of demand and the promise of digitization. McKinsey Global Insti-

- tute (MGI). McKinsey & Company. Riegel, K.; Borgmann, J. (2014): Erstellung eines BIM-Modells mithilfe von 3D-Laserscanning am Beispiel des Konstanzer Konzilgebäudes. In: VDVmagazin, 2/2014.
- Smith, P. (2014): BIM & the 5D Project Cost Manager. Procedia. In: Social and Behavioral Sciences, 119 (2014), S. 475-484. 27th IPMA World Congress. [https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/35808/3/2013004050\\_PeterSmith\\_BIM\\_Journal\\_Paper-a.pdf](https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/35808/3/2013004050_PeterSmith_BIM_Journal_Paper-a.pdf) (Juni 2017).
- Talamo, C.; Bonanomi, M. M. (2020): The Impact of Digitalization on Processes and Organizational Structures of Architecture and Engineering Firms. In: Daniotti, B.; Gianinetta, M.; Della Torre, S. (Eds): Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment. Research for Development. Springer.
- Tulke, J. (2017): Bauen digital – Stand und Entwicklung der BIM Einführung in Deutschland. <http://ikth.de/files/2016/Veranstaltungen/biminthringen.pdf> (Juni 2017).
- USIBD (2016): Level Of Accuracy (LOA) Specification Version 2.0. <http://www.usibd.org/products/level-accuracy-loa-specification-version-20>.
- VDI (2019): Verein Deutscher Ingenieure. <https://www.vdi.de/tg-fachgesellschaften/vdi-gesellschaft-bauen-und-gebauedetechnik/vdi-koordinierungskreis-building-information-modeling-kk-bim> (Juni 2021).
- Wollenberg, R. (2018): BIM für das Bestandsimmobilienmanagement. In: Steiner, M.; Theiler, M.; Mirboland, M. (Hrsg.): 30. Forum Bauinformatik. Bauhaus-Universität Weimar. <https://doi.org/10.25643/bauhaus-universitaet>.

## 2.2 Georeferenzierung

*Beitrag von Christian Clemen, Ralf Becker, Robert Kaden und Jörg Blankenbach*

Bauwerke existieren nie für sich allein. Sie befinden sich immer in einem räumlichen Kontext auf unserer Erde. Der räumliche Bezug zwischen den digitalen Bauwerksmodellen der gebauten und geplanten Umwelt wird auf geometrischer Ebene durch die Georeferenzierung, d. h. durch die Festlegung der Position und Orientierung des Bauwerks auf der Erde realisiert. Durch die Bekanntgabe von geometrischen Transformationsparametern kann die CAD-, BIM- oder GIS-Software die einzelnen Bauwerksmodelle in ein übergeordnetes, einheitliches Koordinatenreferenzsystem transformieren. Der Begriff Koordinatenreferenzsystem zeigt an, dass ein spezielles Koordinatensystem verwendet wird, welches durch ein sogenanntes „Datum“ in Relation zur Erde gesetzt wird. In der Geodäsie werden unterschiedliche horizontale, vertikale oder dreidimensionale Koordinatenreferenzsystemtypen definiert (vgl. ISO 19111:2020).

„Sollen Geodatenbestände, die in sich konsistent in den amtlichen Koordinatenreferenzsystemen der Lage und der Höhe sind, in CAD- bzw. BIM-gestützten Planungen Berücksichtigung finden, z. B. die Hinterlegung der Eigentumsgrenzen aus ALKIS und die Beschreibung der Geländesituation über ein DGM aus ATKIS, müssen die verwendeten Koordinatensysteme dahingehend analysiert werden, ob es bei Überlagerungen zu Abweichungen kommt, die für die Planungsaufgabe und das sich daran anschließende Bauvorhaben Relevanz haben. Ebenso ist zu beachten, dass es zu Abweichungen kommen wird, wenn bei der Absteckung nach Plan-Soll in der Örtlichkeit ein Bauvorhaben im späteren Nachweis anhand amtlicher Koordinaten zu dokumentieren ist“ (Heunecke 2017).

Das Konzept der Georeferenzierung „widerspricht“ zunächst einmal den bei BIM zur Modellierung üblicherweise verwendeten lokalen, dreidimensionalen, kartesischen Koordinatensystemen (siehe auch Kapitel 2.1.3).

Diese Herausforderung wird im Folgenden auf drei Ebenen behandelt:



- mathematische Ebene,
- pragmatische Ebene,
- Software- und Datenaustausch-Ebene.

### 2.2.1 Mathematische Ebene – Grundlagen

Wie eingangs erwähnt, werden in der Geodäsie für unterschiedliche Anwendungen und Aufgaben verschiedene Koordinatenreferenzsysteme benutzt. Beispielsweise werden für Satellitenpositionierungssysteme (GNSS) wie GPS, Glonass oder Galileo dreidimensionale, kartesische, globale und erdfixierte Koordinatenreferenzsysteme verwendet, da GNSS weltweit genutzt und koordiniert werden.

In der Baupraxis wird jedoch in ebenen Horizontsystemen gearbeitet. Diese werden getrennt nach einer zur Lotrichtung senkrechten horizontalen Lage und einer erdschwereabhängigen Höhe konzipiert. Dies entspricht sowohl der bisher in der Bauwerksplanung üblichen Verfahrensweise zwischen Lage (Grundrisse) und Höhe (Profile, Schnitte) zu unterscheiden, als auch dem Unterschied zwischen geometrischem Rotationsellipsoid als Rechenfläche wie beispielsweise bei den amtlichen Lagekoordinaten und dem Geoid für eine erdschwereabhängige Höhe als physikalischer Bezug, bei dem erwartet wird, dass zwischen Punkten gleicher Höhe kein Wasser fließt.

#### Lagereferenzsysteme

Unter Abbildung versteht man hier die differentialgeometrische Umrechnung von geographischen bzw. ellipsoidischen Koordinaten ( $\Phi, \Lambda$ ) in kartesische Koordinaten ( $y, x$ ). Gekrümmte Oberflächen, wie die des Rotationsellipsoids, lassen sich nicht ohne das Auftreten von Verzerrungen in ebene Flächen abbilden. Bei den geodätischen Referenzsystemen auf dem Rotationsellipsoid wie der Universalen Transversalen Mercator (UTM)-Abbildung den oder Gauß-Krüger-Koordinaten (GK) verzichtet man mit einer konformen Abbildung zugunsten der Winkel- auf die Streckentreue.

In der Europäischen Union hat man sich auf die Verwendung der konformen UTM-Abbildung basierend auf dem Bezugssystem ETRS89, geeinigt, um eine EU-grenzüberschreitende Nutzung von Geodaten koordinatenbruchfrei zu ermöglichen. Zwei parallele Schnittkurven im Abstand von etwa 180 km zum Mittelmeridian werden längentreu abgebildet. Abseits der Schnittkurven sind die Längen verkürzt oder verlängert und daher um die sogenannte Abbildungskorrektur anzupassen. Der Koordinatenursprung des UTM-Systems liegt im Schnittpunkt des Mittelmeridians mit dem Äquator. Die nach Norden positiv zählende Abszissenachse (= Northing, N) liegt auf dem Mittelmeridian, die Ordinatenachse (= Easting, E) verläuft auf dem (projizierten) Äquator nach Osten positiv. UTM hat die früher gebräuchliche GK-Abbildung in der amtlichen Vermessung abgelöst.

Geobasisdaten und viele Geofachdaten (Liegenschaftskataster, Gelände- und Landschaftsmodelle, Boden, Geologie, Lärm, Natur, Wasser und Leitungsverläufe, Verlauf administrativer Grenzen etc.) liegen im amtlichen Bezugssystemen ETRS89/UTM vor. § 5 GeoZG (2009) besagt, dass alle geodatenhaltenden Stellen ihre Geofachdaten auf der Grundlage der Geobasisdaten zu erfassen und zu führen haben.

Vorteile von UTM-Koordinaten sind durch die Einheitlichkeit einer Geodateninfrastruktur motiviert:

- Koordinatenumrechnungen fallen nicht an.
- Es existieren keine geometrischen Konflikte an Zwangspunkten, die ebenfalls in UTM-Koordinaten vorliegen.
- Die Kombination mit weiteren Geobasis- und Geofachdaten ist einfach möglich, webbasierte Geodatendienste wie Web Map Services (WMS) und Web Feature Services (WFS) können unmittelbar genutzt werden.

### Abbildungskorrektion

Diese aus der Projektion resultierenden Verzerrungen müssen als Korrekturen bei der Überführung von tatsächlichen (Natur)strecken in die jeweilige Abbildung im UTM- bzw. GK-Koordinatensystem und umgekehrt angebracht werden. Das Maß der anzubringenden Abbildungsreduktion auf gemessene (Natur-)Strecken hängt bei einem Koordinatenreferenzsystem mit UTM- oder GK-Abbildung vom Abstand zu den Schnittkurven bzw. zum Mittelmeridian (Abbildung 2.2-1) ab. UTM besteht aus 60 sogenannten Meridianstreifen um Mittelmeridiane im Abstand von je 6° geographischer Länge. Deutschland liegt in den Zonen 32 und 33 mit den Mittelmeridianen 9° bzw. 15° östliche Länge. Bei einem Abstand der Schnittkreise von etwa 180 km zum Mittelmeridian erhält man am Mittelmeridian eine Stauchung um den Faktor 0,9996, also einen Verzerrungsfaktor, der nicht mehr als 0,0004 von 1 abweicht. Die in der Örtlichkeit gemessene Horizontalstrecke  $s_H$  wird zur (meistens) verkürzten UTM-Strecke  $s_{UTM}$  in der Kartenebene:  $s_{UTM} = s_H \cdot 0,9996 \cdot (1 + y_{Merid}^2 / (2 \cdot R^2))$  mit  $y_{Merid}$  = Abstand vom Mittelmeridian [km] und  $R$  = mittlerer Krümmungsradius (ca. 6381 km). Die Abbildungsverzerrung wächst also genähert quadratisch mit dem Abstand vom Hauptmeridian. Die UTM-Korrektion beträgt damit je nach Abstand zum Mittelmeridian von der Örtlichkeit in das Koordinatenreferenzsystem +20 cm/km bis -40 cm/km.

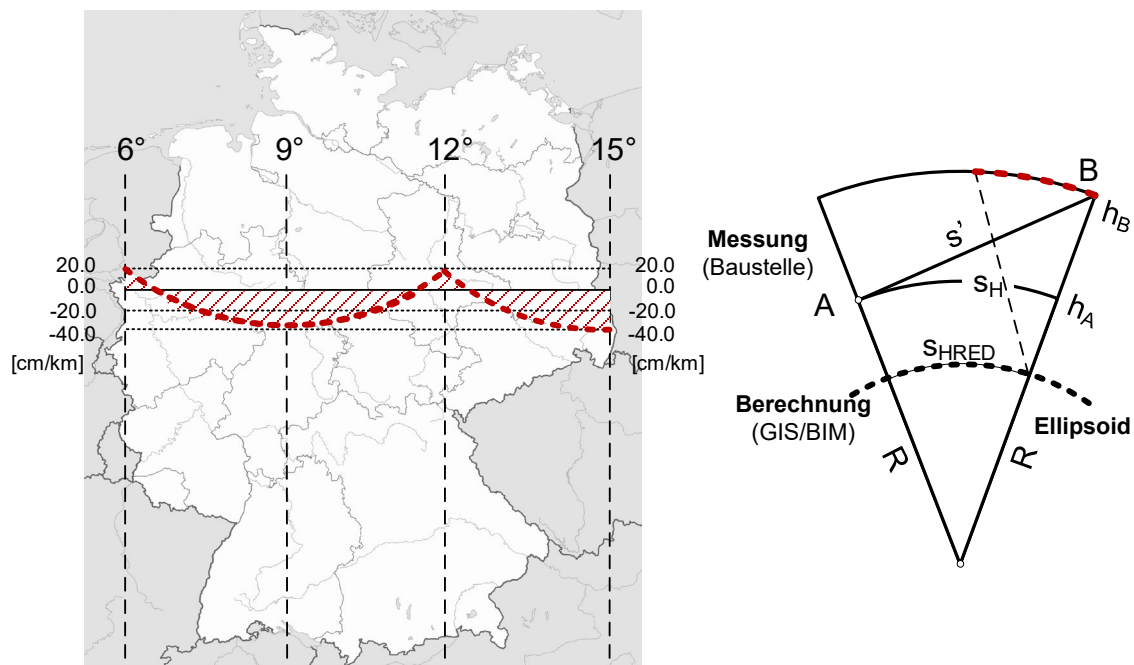


Abb. 2.2-1: UTM-Streckenreduktion in cm/km nach Heunecke (2017) (links) (Hintergrundkarte Wiki Commons) und Streckenreduktion aufgrund der Höhe (rechts).

### Höhenkorrektion

Die Höhe ist im Gegensatz zu den Lagekoordinaten in Bezug zur Erdschwere, die durch das Geoid modelliert wird, definiert. Das amtliche Gebrauchshöhensystem in Deutschland (DHHN2016) verwendet Normalhöhen, die sich auf die Normalhöhennull (NHN)-Fläche als Realisierung eines Quasigeoids (German Combined Quasi-Geoid, GCG) beziehen und wiederum über die Quasigeoidundulation einen Bezug zum Referenzellipsoid aufweist. Als Geoidundulation wird dabei die Differenz zwischen der geometrisch-physikalischen Normalhöhe und der rein geometrisch-ellipsoidischen Höhe bezeichnet (vgl. u. a. Witte et al. 2020). Da die Lagekoordinaten auf dem Referenzellipsoid gerechnet werden, muss die Höhenlage der Baumaßnahme berücksichtigt werden. Aufgrund der Divergenz/Verjüngung der Lotlinien (ungefähr Richtung Erdmittelpunkt) nimmt die tatsächliche Distanz zwischen zwei Punkten mit der Höhe über dem Bezugsellipsoid zu. Gemessene horizontale

Distanzen sind daher beim Übergang von der Realität in das (Lage-)Koordinatenreferenzsystem zu reduzieren. Die Höhenkorrektur beträgt bei NHN-Höhen bis 1000 m bis zu  $-16 \text{ cm/km}$  beim Übergang von der Örtlichkeit in das Modell:  $s_{\text{Hred}} = s_{\text{H}} \cdot (1 - h_{\text{ellipsoid}}/R)$  mit der Höhe  $h$  über dem Ellipsoid und dem mittleren Erdkrümmungsradius  $R$  ( $= \text{ca. } 6381 \text{ km}$ ). Bei der Berechnung der Höhenkorrektur muss zusätzlich die Geoidundulation berücksichtigt werden.

### Erdkrümmungskorrektion

Als Erdkrümmungskorrektion wird die Differenz der tatsächlich gebogenen Linie gleicher Höhe zur Länge der Linie in einer (Tangential-)Ebene angenommen. Dies ist bei einer Kugel die Linie entlang der Oberfläche (Bogenlänge) im Verhältnis zur Sehne. Bei Distanzen bis zu 10 km beträgt die Differenz jedoch nicht mehr als 1 mm und kann in der Baupraxis i. d. R. vernachlässigt werden (Witte et al. 2020).

### Gesamtreduktion

Die Gesamtreduktion setzt sich additiv aus allen Korrekturwerten zusammen:

- der Abbildungskorrektur aufgrund der Abbildung der gekrümmten Fläche in die Ebene
- der Höhenkorrektur aufgrund der Divergenz der Lotlinien mit der Höhe und
- der Erdkrümmungskorrektur (die i. d. R. vernachlässigt werden kann),

wobei sich die Korrekturen kumulieren oder teilweise gegeneinander aufheben können.

Üblich ist die Gebrauchsformel:  $s_{\text{UTM}} = s_{\text{H}} \cdot 0,9996 \cdot (1 - h_{\text{ell}}/R + y_{\text{Merid}}^2/(2 \cdot R^2))$  mit  $h_{\text{ell}} =$  Höhe über dem Ellipsoid [km],  $y_{\text{Merid}} =$  Abstand vom Mittelmeridian [km] und  $R =$  mittlerer Erdkrümmungsradius (ca. 6381 km).

Ein Beispiel am höchsten Punkt Nordrhein-Westfalens, dem Langenberg, nahe des Mittelmeridians (ETRS89/UTM-Koordinaten:  $E = 32469200,000$ ,  $N = 5680660,000$  auf einer NHN-Höhe von 843 m), zeigt eine Abbildungsreduktion von  $-40 \text{ cm/km}$  und eine Höhenreduktion von  $-14 \text{ cm/km}$ , zusammen also eine resultierende Reduktion von  $-54 \text{ cm/km}$  und damit einen Projektmaßstab von 0,999460 von der Örtlichkeit in das Koordinatenreferenzsystem ETRS89/UTM.

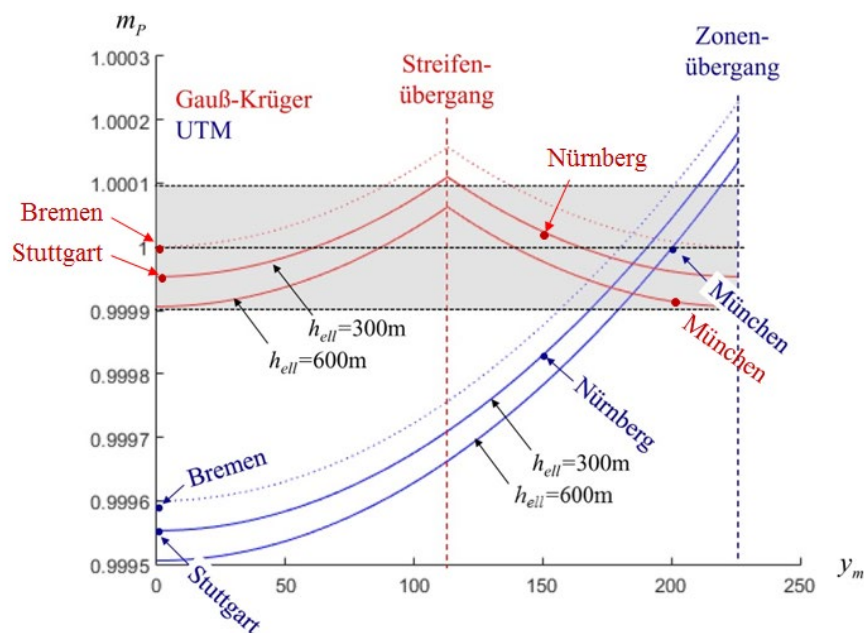


Abb. 2.2-2: Projektmaßstäbe ( $m_p$ ) exemplarischer Städte im Vergleich. Maßstab der GK- und UTM-Abbildung abhängig vom Abstand zum Mittelmeridian ( $y_m$ ) sowie Maßstab aufgrund der Höhe über dem Ellipsoid ( $h_{\text{ell}}$ ) (Heunecke 2017).

Diese Korrekturen müssen sowohl beim Übergang von der Örtlichkeit in das Koordinatenreferenzsystem (z. B. bei der Erfassung) als auch – dann in entgegengesetzter Richtung – beim Übergang vom Modell im Koordinatenreferenzsystem in die Örtlichkeit (z. B. bei der Absteckung) angebracht werden. Verwendet man daher bei der Planung im BIM ein geodätisches Koordinatenreferenzsystem, so entsprechen die Maße im BIM nicht der Realität in der Örtlichkeit. Man plant also in diesem Fall mit einem Maßstabsfaktor ungleich 1. Die Planung im Maßstab ungleich 1 führt auch dazu, dass diese Korrekturen bei der Aufstellung z. B. von Längen-, Flächen- oder Volumenmaßabhängigen Materiallisten angebracht werden müssten, wenn die Effekte relevante Größenordnungen erreichen.

### Nordrichtung

Neben der Festlegung des Ursprungs (Nullpunkts), müssen Koordinatensysteme eindeutig orientiert, d. h. bezüglich der Richtung im Raum definiert werden. Übergeordnete Koordinatenreferenzsysteme sind üblicherweise mit einer ihrer Achsen zur Nordrichtung orientiert. Allerdings muss zwischen verschiedenen Nordrichtungen – geographisch Nord, Gitternord und magnetisch Nord – unterschieden werden. Zwischen diesen Richtungen spannen sich in einem Meridianstreifensystem ortsabhängige Winkel auf. Der Winkel zwischen geographisch Nord und Gitternord ist die Meridiankonvergenz. Sie ist aufgrund der Konvergenz der Meridiane lediglich im Hauptmeridian gleich null und wird vom Meridian aus im Uhrzeigersinn gezählt. Der Winkel zwischen magnetisch Nord und geographisch Nord ist die Deklination. Die Differenz zwischen magnetisch Nord und Gitternord heißt Nadelabweichung. In BIM-Projekten ist es deshalb sehr wichtig, festzulegen, welche Nordrichtung tatsächlich gemeint ist. Aus Sicht der Geodäsie sollte „Gitternord“ gewählt werden, weil dies die Umrechnung der Rotation zwischen Bauwerkskoordinatensystem und geodätischem Gebrauchssystem erleichtert.

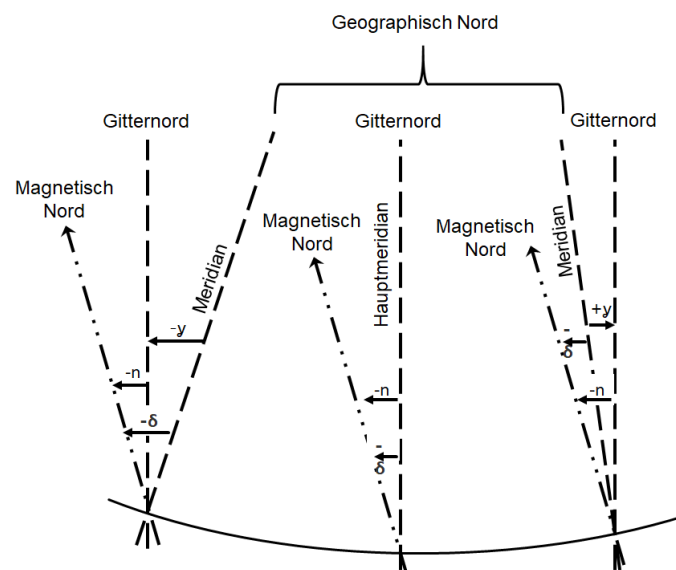


Abb. 2.2-3: Meridiankonvergenz  $\gamma$ , Deklination  $\delta$  und Nadelabweichung  $\eta$  in einem Meridianstreifensystem (Witte et al. 2020).

### Richtung der Gravitation und Erdkrümmung

Lokale, dreidimensionale Koordinatensysteme werden i. d. R. so angelegt, dass die Z-Richtung lotrecht ist, also der Richtung der Erdschwere (Lotrichtung) entspricht, bzw. dass die xy-Ebene eine horizontale Ebene realisiert. Die xy-Ebene dieses lokalen, topozentrischen Koordinatensystems schmiegt sich an den gekrümmten Erdkörper tangential an. Das bedeutet, dass mit zunehmender Entfernung vom Berührungspunkt der Tangentialebene zwei Phänomene auftreten: 1. entspricht eine Z-Koordinate = 0 nicht mehr der Höhe über der gekrümmten Referenzfläche und 2. divergiert die Richtung der Z-Richtung (siehe Höhenkorrektur).

Zusätzlich treten physikalische Effekte auf. Als Punkte gleicher Höhe werden Punkte erwartet, zwischen denen Wasser nicht fließt. Punkte gleicher Höhe müssen daher Punkte gleicher Erdschwere sein. In Deutschland werden Höhen Normalhöhen bzw. NHN-Höhen (siehe Höhenreduktion) definiert, deren Höhenbezugsfläche (Höhe Null) sich dabei vereinfacht als der unter den Landmassen fortgesetzte mittlere Meeresspiegel vorgestellt werden kann. Das geometrische Nivellement liefert ebenso wie die trigonometrische Höhenbestimmung unter Berücksichtigung der Erdkrümmungsreduktion in der Praxis hier relevanter Aufgabenstellungen auch ohne Schwerefeldkorrekturen de facto Normalhöhenunterschiede. Die inhomogene Massenverteilung im Erdkörper führt jedoch nicht nur zu Geoidundulationen, sondern auch zu lokalen Lotabweichungen. Die Geoidundulation muss daher nicht nur bei der Streckenreduktion, sondern auch bei Umrechnung zwischen ellipsoidischen Höhen aus GNSS-Messungen und den amtlichen Gebrauchshöhen berücksichtigt werden. Zusätzlich führt die Erdkrümmung in der Höhe im Gegensatz zur Lage zu einer signifikanten Korrektur  $\Delta h$ , die nach der Näherungsformel  $\Delta h = s^2/(2R)$  mit der Sehnenlänge  $s$  und dem mittleren Erdradius  $R$  von ca. 6381 km berechnet werden kann. Bei einer Bogenlänge von 1 km sind dies 7,8 cm.

Für große, lang gestreckte Strukturen, müssen deswegen umfassenden geodätische Konzepte aufgrund der Erdkrümmung/Gravitationsrichtung, ggf. auch Lotabweichung (vgl. u. a. Windischer et al. 2019) angewendet werden. Dazu geben Jaud et al. (2020) einen sehr guten Über- und Ausblick. Sie empfehlen u. a. eine gleichmäßige, auf eine Übergangzone beschränkte, Approximation des Projektmaßstabs zwischen räumlich getrennten Teilprojekten entlang der Trasse.

#### **Netzspannungen aufgrund historischer Messabweichungen**

Netzspannungen sind kein systematisch-mathematisches Problem der Georeferenzierung. Sie entstehen, wenn Festpunkte verwendet werden, die aufgrund von historischen Messabweichungen und Auswertefehlern der Landesvermessung von den heute präziseren Vermessungsergebnissen abweichen. Die vorliegenden Geodaten (zum Beispiel Grundstücksgrenzen) lassen sich nicht verlustfrei mit einem kongruenten, ähnlichen oder affinen Parametersatz transformieren. Es entstehen regionale „Restklaffen“ zwischen (altem, heterogenen) Quellsystem und (neuem, homogenen) Zielsystem. Die Landesvermessung stellt sogenannte Transformationsgitter (ntv2) bereit, um historische Koordinaten nachträglich in moderne, homogene Systeme zu überführen. Zum Beispiel werden mit ntv2 bundesweit Genauigkeiten  $< 1$  m und in Sachsen Genauigkeiten  $< 3$  cm erreicht.

Die Ingenieurgeodäsie hat weit höhere Genauigkeitsanforderungen (siehe DIN 18710-1), die zum Beispiel eine Standardabweichung in der Lage bis  $1 \text{ mm} < \sigma_L < 5 \text{ mm}$  („hohe Genauigkeit“) in der Lage fordern. Zu Beginn der Baumaßnahme werden daher spannungsfreie Netze mit hoher innerer Genauigkeit gemessen. Die daraus berechneten Festpunktkoordinaten bilden ein sogenanntes „Sondernetz“ für das Bauprojekt. Die Transformationsparameter (Georeferenzierung) zwischen Sondernetz und amtlich-geodätischen Koordinatenreferenzsystem können mit Passpunkten, also identischen Punkte in beiden Systemen, bestimmt (ausgeglichen) werden.

#### **2.2.2 Pragmatische Ebene – Praxis**

Bezüglich der Georeferenzierung entstehen in der Praxis keine Probleme, wenn Gewerke in Ihrem jeweiligen Koordinatensystem rechnen: Geodäten beherrschen den Umgang mit raumbezogenen Koordinatenreferenzsystemen in Liegenschaftskataster, Landesvermessung und Ingenieurgeodäsie. Architekten und Bauingenieure können dreidimensionale Berechnungen in lokalen Bauwerkskoordinatensystemen durchführen. Auf pragmatischer Ebene wird die Georeferenzierung relevant und kritisch, wenn Daten zwischen diesen Fachdomänen ausgetauscht werden. Im schlimmsten Fall geschieht dies ohne Kenntnis der jeweiligen Anforderungen und Methoden. Im besten Fall mit voller Kenntnis zu allen Transformationsparametern auf mathematischer, pragmatischer und Datenaustauschebene. Nachfolgend werden Vorschläge für pragmatische Lösungen aus der Praxis zu verschiedenen Anwendungsfällen klassifiziert.

Im Folgenden werden geodätische Koordinatenreferenzsysteme (KRS), die zwischen Lage und Höhe trennen 2D+1D genannt, geozentrisch-kartesische Koordinatensysteme werden mit 3D gekennzeichnet. Topozentrische Systeme haben ihren Ursprung im Projektmittelpunkt.

Die wichtigsten Transformationsparameter sind:

- $X_0$  = Rechtswert/Ostwert des Projektbasispunktes im geodätischen KRS
- $Y_0$  = Hochwert/Nordwert des Projektbasispunktes im geodätischen KRS
- $\alpha$  = Nordrichtung, Rotation um Z-Achse
- $M_P$  = Projektmaßstab (Lage) aufgrund von Projektion und Projekthöhe
- $H$  = Geodätische Höhe des Projektbasispunktes

Zu beachten ist weiter, ob die Transformation sich auf das gesamte BIM-Projekt oder nur einzelnes Bauwerk (mit begrenzter Ausdehnung) bezieht.

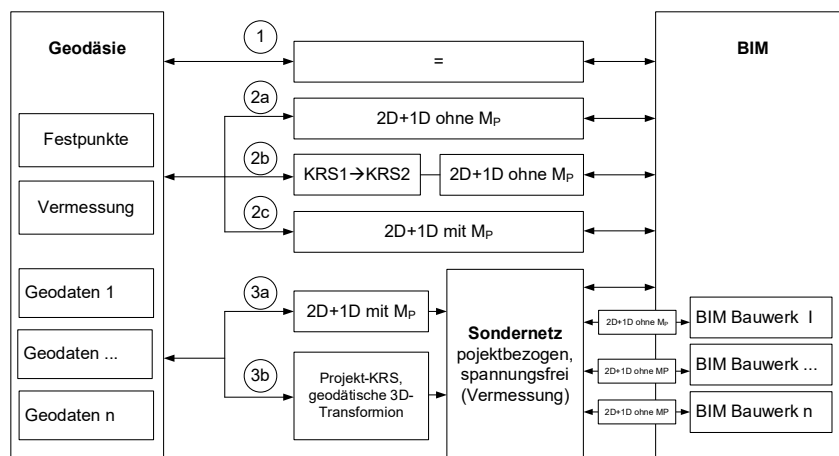


Abb. 2.2-4: Übersicht zu den vorgestellten Varianten für pragmatische Ansätze zur Georeferenzierung von BIM-Modellen.

### Variante 1: Vermessung/Geodaten und BIM mit identischen Koordinatensystemen

Praktiker müssen mithilfe von Software die Modelle der Vermessung, Geodaten und Modelle des Bauwerks (BIM) in ein gemeinsames Koordinatensystem transformieren, damit geometrische Analysen möglich werden. Diese Transformation kann aufgrund des Fehlens von Fachwissen oder Softwarefunktionalität ggf. misslingen. Deswegen ist es ein naheliegender Ansatz, ganz auf die Transformation zu verzichten. So könnte die BIM-Planung z. B. nur in amtlichen, georeferenzierten Koordinatenreferenzsystemen (1a) durchgeführt werden. Oder, wie zum Beispiel in der Denkmalpflege, die Vermessung wird direkt im Bauwerkskoordinatensystem (1b) durchgeführt.

Allerdings müssen bei der alleinigen Verwendung geodätischer Koordinatenreferenzsysteme (1a) alle relativen Längenmaße, Flächen und Volumen von Bauteilen reduziert werden um die tatsächliche, der Natur entsprechende Größe zu erhalten. Wird im Gegensatz dazu nur im Bauwerkskoordinatensystem, also in einem lokalen, topozentrischen System vermessen und modelliert (1b) liegt keine Georeferenzierung vor: Weitere Geodaten können im BIM-Projekt nicht verwendet werden, dafür sind aber keine Reduktionen der metrischen Größe nötig. Auch wenn sich nun mit der Einführung von ETRS89/UTM die Maßstabsproblematik in einigen Regionen Deutschlands maßgeblich verschärft hat, so verhält sich ihre Größenordnung in einem Maße, welche in den meisten Tiefbauprojekten wie Straßenbau, Wegebau oder Wasserbau nach wie vor vernachlässigt werden kann. So werden die Trassenplanung und die Ausführungsplanung i. d. R. im amtlichen Koordinatenreferenzsystem durchgeführt, unter Verwendung von amtlichen Geodaten. Dies ist möglich, da es für die Trassierungselemente (Gerade, Übergangsbogen, Kreisbogen etc.) i. d. R. unerheblich ist, dass eine

geringe Abweichung aufgrund des Maßstabs  $M_p$  bei der Bauausführung auf der Erdoberfläche entsteht. Selbst für den Fall, dass der Entwurf entsprechend der zugrunde liegenden Entwurfsvorschrift (RAA, RAL etc.) mit Mindeststrahlen, Mindestbogenlängen etc. ausgestattet ist, so werden diese in der Bauausführung nicht unterschritten, da sich die UTM-Verzerrung in ihren großen Dimensionen am Mittelmeridian ausschließlich negativ auswirkt – kurzum, es wird i. d. R. verkürzt geplant und größer gebaut. Sehr wichtig ist allerdings dennoch, dass das ausführende Vermessungsunternehmen bei der Absteckung aus dem amtlichen UTM-Streckenreduktion berücksichtigt.

Eine derzeit nur in Forschungsprojekten, z. B. (Wunderlich, 2020), untersuchte Variante wäre es, gemeinsam in einem geozentrischen, kartesischen 3D-Koordinatenreferenzsystem (1c) zu planen. Dieser Systemtyp ist etwa bei der Vermessung mithilfe von Satelliten (GNSS) üblich. Der Vorteil wäre eine maßstabsfreie Georeferenzierung, die sich allerdings durch die Nutzung eines deutlichen weniger intuitiv verwendbaren Koordinatensystems bzw. weniger anschaulichen Koordinatenwerten erkauft würde.

	<b>Geodätische Koordinatenreferenzsysteme (KRS) für Geodaten und Vermessung</b>	<b>Transformation zwischen Geodaten/ Vermessung und BIM</b>	<b>Bezug BIM Koordinatensystem</b>	<b>Anwendung und Bemerkung</b>
1a	Georeferenziert 2D+1D	=	Bauwerk	Trassenentwurf; alle abgeleiteten relative Längenmaße, Flächen und Volumen von Bauteilen müssen reduziert werden; beliebige räumliche Ausdehnung der Projektgröße
1b	Topozentrisch/Lokal 3D	=	Bauwerk	Einfache Bauvermessung; lokal mit Bauwerksachsen oder Werkskoordinatensystem; keine Georeferenzierung!; relative Strecken, Flächen und Volumen von Bauteilen müssen nicht reduziert werden.
1c	Geozentrisch 3D	=	Bauwerk, Projekt	Gegenstand der Forschung; beliebige Projektausdehnung, relative Strecken, Flächen und Volumen von Bauteilen müssen nicht reduziert werden; Z-Richtung ist nicht Lotrichtung!

Die Festpunkte (FP) und Aufnahmepunkte (AP) müssen im jeweils eingesetzten System angelegt, verdichtet und verwendet werden.

### Variante 2: Transformationsparameter (2D+1D) zwischen Vermessung/Geodaten und BIM

Die in 1a, 1b und 1c aufgezeigten Schwierigkeiten, lassen sich in einem BIM-Projekt durch Bekanntgabe und Anwendung von eindeutigen Transformationsparametern minimieren. Die Varianten 2a, 2b und 2c beziehen sich jeweils auf die Transformation zwischen amtlichen Geodaten/Vermessung

und einem Bauwerkskoordinatensystem. Die Transformationsparameter für die Lage des Projektbasispunktes ( $X_0, Y_0$ ) werden im BIM-Projekt einheitlich festgelegt und angewendet. Die Nordrichtung  $\alpha$ , die in der Regel der Winkel zwischen geodätischem Gitternord und y-Achse des Bauwerkssystems ist, wird ebenfalls festgelegt. Es muss aber sichergestellt sein, dass alle beteiligten Softwaresysteme die Nord-Rotation richtig anbringen. BIM-Software setzt die Drehrichtung aufgrund der Orientierung (Links vs. Rechtssystem) und Drehrichtung (Uhrzeigersinn vs. gegen Uhrzeigersinn) teilweise falsch um. Problematisch ist die Auswirkung des Projektmaßstabs  $M_P$ , weil er in „typischer“ Hochbau-BIM-Software bei der Transformation nicht angebracht wird. Es stellt sich also die Frage, wie groß diese Abweichungen zwischen Vermessung/Geodaten und BIM sind. Und ob diese noch tolerierbar sind. Diese Frage muss für jedes BIM Projekt gesondert beantwortet werden, weil der Projektmaßstab  $M_P$  stark von der Art der Projektion (GK, UTM), der geographischen Lage des Bauwerks (Abstand vom Mittelmeridian) und der Geländehöhe abhängt.

	<b>Geodätische Koordinatenreferenzsysteme (KRS) für Geodaten und Vermessung</b>	<b>Transformation zwischen Geodaten/Vermessung und BIM</b>	<b>Bezug BIM Koordinatensystem</b>	<b>Anwendung und Bemerkung</b>
2a	Georeferenziert 2D+1D	$f(X_0, Y_0, \alpha, H)$	Bauwerk	Typisch für Hochbau; wird von BIM-Software und Standard unterstützt; lokaler Maßstab der Geo-Koordinaten wird vernachlässigt. Nur geeignet für geringe Projektausdehnung.
2b	Georeferenziert 2D+1D; Aufbereitung KRS mit „großem“ Maßstab, z. B. ETRS89/UTM) nach KRS mit „kleinem“ Maßstab (z. B. ETRS89/GK)	KRS A -> KRS B, dann $f(X_0, Y_0, \alpha, H)$	Bauwerk	Typisch für Hochbau in Gebieten mit großem UTM-Maßstab aufgrund der geographischen Lage; wird von BIM-Software und Standard unterstützt; lokaler Maßstab wird durch Vortransformation der Geodaten verkleinert; nur geeignet für mittlere Projektausdehnung; alle Geodaten müssen einheitlich transformiert werden!
2c	Georeferenziert 2D+1D	$f(X_0, Y_0, \alpha, M_P, H)$	Bauwerk	Typisch für Ingenieurbauwerke, wird von BIM-Software nur teilweise unterstützt, obwohl der IFC-Standard einen Projektmaßstab unterstützt. Geeignet für größere Projektausdehnung.

Bei Variante 2a wird der Projektmaßstab  $M_P$  einfach vernachlässigt. Diese Variante wird durch „typisches“ Hochbau BIM unterstützt. Im Extremfall (z. B. bei sehr großem UTM-Projektmaßstab im östlichen Bayern) können Bauteile von 100 m Länge im Vermessungssystem bis zu 10 cm abweichen, wenn die Streckenreduktion nicht angebracht wird. Auch beim Importieren von Geodaten, zum Beispiel Topographie, Stadtmodell oder Grundstücksgrenzen in die BIM-Software treten Abweichungen auf: Ab 100 m Entfernung vom Projektbasispunkt sind Abweichung bis zu 10 cm zwischen Geodaten/Vermessung und (falsch transformierten) Koordinaten im BIM möglich. Zur groben Abschätzung, wie sich die Abweichungen auswirken sind diese in der folgenden Tabelle dargestellt.



Entfernung vom Projektbasispunkt/Länge eines Bauteils	10 m	100 m	1 km	10 km
2a	0 – 4 mm extrem: bis 1 cm	0 – 4 cm extrem: bis 1 dm	0 – 4 dm extrem: bis 1 m	0 – 4 m extrem: bis 10 m
2b	0 – 1 mm	0 – 1 cm	0 – 1 dm	0 – 1 m
2c	0 mm	0 mm	1 mm	1 cm

Variante 2b minimiert die Auswirkung des Projektmaßstabs, indem die vorliegenden, amtlichen Geodaten im ETRS89/UTM in ein geodätisches Ersatzsystem mit kleinerem Maßstab umrechnet werden, zum Beispiel in die früher gebräuchlichen GK-Koordinaten. Auch die Vermessung findet dann in diesem Ersatzsystem statt. Die Transformation zwischen Ersatzsystem zu BIM erfolgt wie in Variante 2a ohne Maßstab  $M_P$ . Während sich aufgrund der projektiven Verzerrung bei Gauß-Krüger mit bis zu +1,5 cm pro 100 m und einer zusätzlich entgegengesetzt wirkende (–) Verzerrung durch die Geländehöhe ein Maßstab von lediglich bis ca.  $\pm 1$  cm pro 100 m ergibt, führt die UTM-Projektion mit bis zu –4 cm pro 100 m und einer additiv wirkenden (–) Höhenverzerrung wie oben beschrieben zu einem wesentlich größeren Maßstab von bis zu ca. –5 cm pro 100 m.

Die Varianten 2a und 2b stellen den Stand der Technik dar. Die zum Teil auftretenden großen Abweichungen, die aufgrund falscher Transformation, zwischen Geodaten und Bauwerkmodell entstehen, werden hingenommen.

Aus geodätischer Sicht, wäre das Maßstabsproblem mit Variante 2c weitestgehend gelöst. Wenn BIM-Software den Projektmaßstab  $M_P$  beim Import und Export von Geodaten anbringt, gäbe es nur bei sehr großen Projekten Differenzen, weil sich der Projektmaßstab in Ost-West-Richtung langsam, aber kontinuierlich ändert (Maßstabsgradiente).

Zu beachten ist, dass die Varianten 2a, 2b und 2c jeweils den Höhenunterschied aufgrund der Erdkrümmung vernachlässigen. Bei 100 m Entfernung über Projektbasispunkt entstehen so Höhenabweichungen von  $> 1$  cm, also eine signifikante Abweichung zwischen  $Z_{BIM} = 0$  und geodätischer Höhe  $H$  im  $> 100$  m entfernten Punkt.

Die Festpunkte können im jeweiligen projizierten Koordinatenreferenzsystemsystem (z. B. ETRS89/UTM) angelegt, verdichtet und verwendet werden.

### Variante 3: Doppelte Transformation zwischen Geodaten und Vermessung (Sondernetz) sowie Transformation zwischen Vermessung (Sondernetz) und BIM

Hoch- und Ingenieurbauprojekte haben im Vergleich zu Infrastrukturbauprojekten i. d. R. eine wesentlich geringere räumliche Ausdehnung, wodurch sich die maßstäbliche UTM-Verzerrung geringer auswirkt. Dennoch, Entwürfe und Planungen zu Hoch- und Ingenieurbauprojekten in BIM haben zum Ziel, die Bauwerke in ihrer tatsächlichen Ausprägung und Dimension vorab in Form eines digitalen Zwillings zu entwickeln, um materialbezogene Flächen- und Mengenberechnungen direkt und zuverlässig durchführen zu können. Darüber hinaus gelten für Hoch- und Ingenieurbauprojekte enge Toleranzvorgaben bei der Bauausführung, u. a. zur Einhaltung von Bauricht- bzw. Baunennmaßen für den schnittfreien Einsatz von Baumaterialien sowie aufgrund der Verwendung von präzise gefertigten Fertigbauteilen. Kurzum, Hoch- und Ingenieurbauprojekte werden im Gegensatz zu Infrastrukturbauprojekten in BIM immer maßstabsfrei (1:1), entsprechend eines ebenen Projektkoordinatensystems innerhalb der jeweiligen BIM-Autorensoftware, entworfen und geplant.

Um die maßstabsfreie BIM-Planung spannungsfrei in die Örtlichkeit zu übertragen, werden gesonderte Baulagenetze (Sondernetze) mit einem projektbezogenen Koordinatensystem im Maßstab  $M_P = 1$  angelegt. Der pragmatische Vorteil für BIM ist, dass die (zweite) Transformation zwischen Sondernetz und Bauwerkskoordinatensystem die Variante 2a,  $f(X_0, Y_0, \alpha, H)$ , also eine Transformationen ohne Maßstab angewendet werden kann, ohne dass es zu systematischen Abweichungen zwischen Vermessung und BIM Modell kommt.

Die Bestimmung der (ersten) Transformationsparameter vom georeferenzierten System in das Sondernetz ist jedoch etwas komplizierter. Zunächst müssen die vorliegenden oder geodätisch neu bestimmten Festpunkte in der Örtlichkeit spannungsfrei vermessen und ausgeglichen werden. Für kleinere Projekte ( $< 1$  km) kann es dann ausreichen, eine 2D-Helmert-Transformation ( $x_0, y_0, \delta, m$ ) für die Umrechnung zwischen (amtlichen) Lagekoordinaten und BIM-Projektkoordinaten anzusetzen. Dieses Vorgehen wird zum Beispiel von buildingSMART (2020) vorgeschlagen. Diese Variante ist in der Tabelle unter 3a aufgeführt. Für größere ( $> 1$  km) Projekte empfehlen wir Variante 3b. Hier müssen die vorliegenden oder geodätisch neu bestimmten Festpunkte zunächst in ein neues, georeferenziertes Koordinatenreferenzsystem (KRS) umgerechnet werden. Diese KRS wird lokal und vorhabenbezogen angelegt. Dafür müssen festgelegt werden: Geodätisches Datum (z. B. ETRS89, DB\_REF) und Projektion (Ellipsoid, Ursprung ( $\Phi, \Lambda$ ), Art der Projektion (z. B. Transversal Mercator), Maßstab wegen Höhe und Offsetwerte). Die Transformation von Geodaten in das Vermessungssystem kann durch Standard-Vermessungs- und GIS-Software durchgeführt werden, wenn die genannten Transformationsparameter vom amtlichen Landessystem (z. B. ETRS89/UTM) in das lokale geodätische Bezugssystem publiziert werden.

	<b>Geodätische Koordinatenreferenzsysteme (KRS) für Geodaten und Vermessung, Transformation zwischen Geodaten → Vermessung</b>	<b>Transformation zwischen Vermessung → BIM</b>	<b>Bezug BIM Koordinatensystem</b>	<b>Anwendung und Bemerkung</b>
3a	<b>Geodaten:</b> Georeferenziert 2D+1D, Festpunkte  <b>Transformation I:</b> 2D+1D  $f(X_0, Y_0, \alpha, M_P, H)$  <b>Vermessung:</b> spannungsfreies, lokal-georeferenziertes Sondernetz	<b>Transformation II:</b> Vermessung/ Sondernetz → BIM: wie 2a: $f(X_0, Y_0, \alpha, H)$	Projekt, n * $f(X_0, Y_0, \alpha, H)$ Bauwerk	Spannungsfreies Festpunktfeld, typisch für Hochbau mit hohen Anforderungen, 2D+1D Helmert-Transformation (I) wird durch Vermessungsunternehmen realisiert und kann in IFC spezifiziert werden. Wegen lokaler Anpassung nur $< 1$ km Projektausdehnung zu empfehlen
3b	<b>Geodaten:</b> Georeferenziert 2D+1D, Festpunkte  <b>Transformation I:</b> geodätische 3D-Datumstransformation,	<b>Transformation II:</b> Vermessung/ Sondernetz → BIM: wie 2a: $f(X_0, Y_0, \alpha, H)$	Projekt, n * $f(X_0, Y_0, \alpha, H)$ Bauwerk	Spannungsfreies Festpunktfeld, typisch für Ingenieurbauwerke im Verkehrswegebau. Geodätische Transformation (I) wird von Geo- und Vermessungssoftware (WKT/PROJ) unterstützt. Nur bei sehr großer Ent-

mit ortsbezogener Projektion  <b>Vermessung:</b> neues, projektbezogenes KRS, (2D+1D oder 3D), spannungsfreies, global-georeferenziertes Sondernetz			fernung vom Projektbasispunkt/Projektmeridian Abweichungen zu Geodaten. Leichte Krümmung der x/y-Ebene wegen Projektion. Wegen guter regionaler Anpassung für Projekte > 1 km zu empfehlen
---	--	--	--

Wie anspruchsvoll die Wahl des Koordinatensystems bei lang gestreckten Bauvorhaben schon in der bisherigen Kombination aus Lage und Höhe ist, kann beispielhaft den Publikationen von Mach-einer (2015) für drei Beispiele aus dem Tunnelbau und Windischer et al. (2019) für das Beispiel des Brenner-Basistunnels (BBT) entnommen werden. Das klug gewählte Projektkoordinatensystem und der vorteilhafte Nord-Süd-Verlauf des BBT lassen es zu, dass eine exemplarische Modellierung in BIM gelingt. In Jaud (2020) wird auch diskutiert, wie durch Übergangszonen entlang der Trasse, abrupte Maßstabswechsel zwischen Koordinatenreferenzsystemen verhindert werden können.

### 2.2.3 Software- und Datenaustausch-Ebene

Die Georeferenzierung von BIM-Modellen bedarf bei der Datenübergabe zwischen BIM-Autorensystemen und/oder CDE besonderer Aufmerksamkeit. Derzeit existierende BIM-Software setzt die Georeferenzierung intern jeweils unterschiedlich um. So kann in einigen Autorensystemen nur der Projektbasispunkt georeferenziert und die Richtung zu geographisch Nord festgelegt werden.

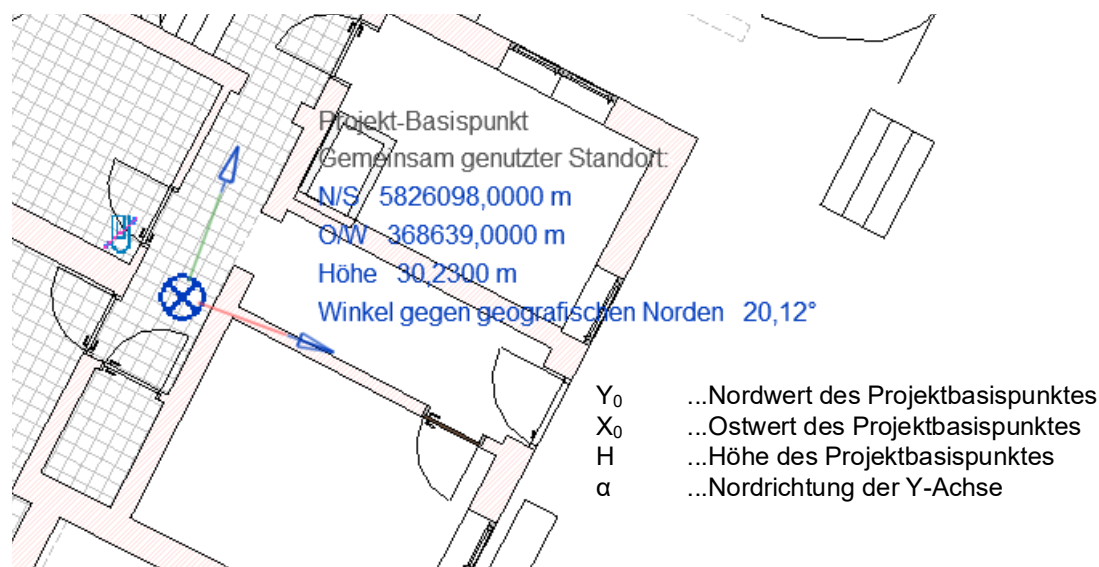


Abb. 2.2-5: Georeferenzierter Projektbasispunkt in der BIM Autorenssoftware Autodesk Revit.

Auch der Umgang mit großen Koordinatenwerten, wie sie bspw. bei der Verwendung von UTM- oder GK-Koordinaten vorkommen, kann die Software vor Schwierigkeiten stellen, sodass mit gekürzten Koordinaten gearbeitet werden muss. Software anderer Hersteller hingegen ist vereinzelt in der Lage von vornherein mit Projektionskoordinaten umzugehen. Während dies in closedBIM-Projekten durch einheitliche Vorgaben und Templates gelöst werden kann, stellt dies in Projekten mit BIM-Software unterschiedlicher mitunter ein nicht zu unterschätzendes Problem dar. Wegen der zunehmenden Bedeutung dieser Funktionalität gibt es eine hohe Volatilität auch zwischen den Release-Versionen der Software des gleichen Herstellers.

Grundsätzlich gilt: Die Fähigkeit und Art des Umgangs mit Georeferenzierung ist vor Projektbeginn in der angestrebten Softwarearchitektur zu prüfen. Die Programmeinstellungen zum georeferenzierten Projektbasispunkt, Nordrichtung, Metadaten und – wenn möglich – Projektmaßstab für „Export“ und „Import“ müssen allen Projektpartnern zugänglich gemacht werden und als verpflichtend (z. B. in den AIA) festgelegt werden. Einige Softwareprogramme bieten darüber hinaus einen Koordinationskörper zur volumetrischen Visualisierung der Georeferenzierung in das Modell aufzunehmen. Der Koordinationskörper ist für die visuelle Kontrolle der Georeferenzierung unterschiedlicher Modelle geeignet.

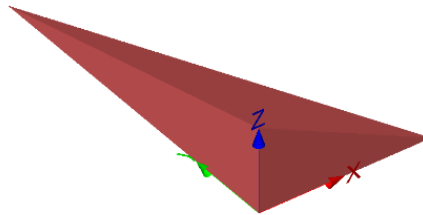


Abb. 2.2-6: Volumetrischer Koordinationskörper für die Prüfung der Georeferenzierung (Schapke 2020).

Einige Softwaresysteme bieten auch die Möglichkeit, Transformation-Parameter zwischen ingenurgeodätischen Koordinatenreferenzsystemen und georeferenzierten Landeskoordinaten projekt-einheitlich zu verteilen, zum Beispiel in Form von Parametersätzen nach dem konzeptionellen Modell der ISO 19111:2019 im OGC-WKT- oder PROJ-Format. Nachträgliche Strategieänderungen bzgl. der Georeferenzierung können zu schwerwiegenden Inkonsistenzen zwischen den verteilten Modellen eines BIM-Projekts führen.

### Georeferenzierung für openBIM

Im Folgenden werden unterschiedliche Formen der Georeferenzierung in openBIM-Projekten vorgestellt. Deswegen wird besonders auf die Konzepte der Industry Foundation Classes (IFC) zur Georeferenzierung eingegangen. Die Modellübergabe in closedBIM-Projekten, die mit herstellerspezifischen Datenformaten oder cloudbasiert realisiert werden, können äquivalent analysiert und klassifiziert werden.

Wir orientieren uns an der Klassifikation „Level of Georeferencing“ (LoGeoRef), (Clemen & Görne 2019), die auch im ISO SO/TR 23262:2021 „GIS (geospatial) / BIM interoperability“ ausgewiesen ist. Es werden fünf mögliche Ebenen (LoGeoRef: 10, 20, 30, 40 und 50) zur Georeferenzierung innerhalb einer IFC-Datei klassifiziert. Je höher der Level, desto besser ist die Georeferenzierung konzeptionell modelliert. Die Level beziehen sich nicht auf die Qualität (Richtigkeit, Genauigkeit) der Transformationsparameter. Höhere Level beinhalten nicht automatisch Informationen niedrigerer Level, also jedes Level beinhaltet/prüft spezifische IFC-Attribute und steht für sich selbst. Es wurden 10er-Schritte eingeführt, um projektspezifische Zwischenlevel (zum Beispiel für die Höhenangabe) zu ermöglichen.

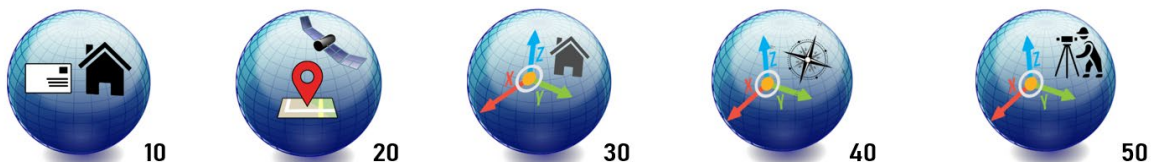


Abb. 2.2-7: LoGeoRef – eine einfache Metrik für die Qualität der Georeferenzierung von Bauwerksmodellen.

- LoGeoRef 0:** Keine Georeferenzierung
- LoGeoRef 10:** Einfache Referenzierung über Adressangabe im Grundstück (IfcSite) u./o. Bauwerk (IfcBuilding)
- LoGeoRef 20:** Einfache Punktreferenzierung über geographische Koordinaten des Grundstücks (IfcSite)
- LoGeoRef 30:** Definition eines Koordinatensystems für das Grundstück (IfcSite) oder alternativ Bauwerk (IfcBuilding) ohne relativen Bezug zum anderen („höherrangigerem“) System. Level 30 ist die aktuelle Standardausgabe von BIM-Autorensoftware.
- LoGeoRef 40:** Definition eines Projektkoordinatensystems (Attribut: WorldCoordinateSystem) und Angabe von True North (als Richtungsvektor von geographisch Nord oder Gitternord im lokalen Koordinatensystem)
- LoGeoRef 50:** Angabe von Offset und horizontaler Rotation für Koordinatenumrechnungen zwischen. Projektssystem und Koordinatenreferenzsystem (CRS). Das CRS kann z. B. über einen EPSG-Code definiert werden. Diese Variante ist nur im neuen IFC 4-Standard möglich.
- LoGeoRef 60\*:** Georeferenzierung über Passpunkte im Bauwerkssystem, Baulagenetz oder amtlichen Koordinatenreferenzsystem (CRS). Die standardkonforme Abbildung der Passpunkte wird zurzeit noch entwickelt und getestet.

Abb. 2.2-8: gibt einen vereinfachten Überblick über die verwendeten IFC-Konzepte.

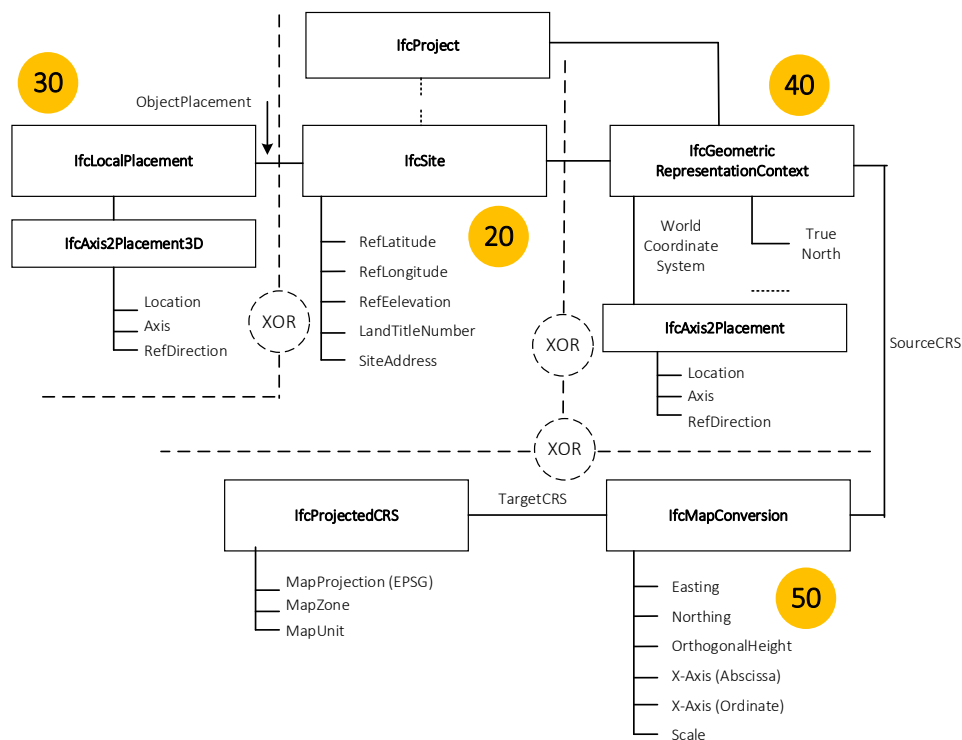


Abb. 2.2-8: Die Industry Foundation Classes (IFC) weisen viele unterschiedliche Konzepte für die Georeferenzierung aus. Mit den Level of Georeferencing (LoGeoRef) (Clemen & Görne 2019) kann vereinbart werden, welches Konzept bei der Datenübergabe in einem BIM Projekt verwendet werden soll.

## 2.2.4 Zusammenfassung

Die Georeferenzierung von digitalen Bauwerksmodellen stellt einen wesentlichen Aspekt zur korrekten Verknüpfung von Fachmodellen unterschiedlicher Gewerke und Fachdomänen dar und wird durch den voranschreitenden Einsatz von BIM im Infrastruktur- und Ingenieurbau zunehmend wichtiger. Dies ist nicht nur allein den hohen Genauigkeitsansprüchen geschuldet, welche die konsequente Berücksichtigung der geometrisch-physikalischen Realität auf der Erde erfordert, sondern auch getrieben durch die Notwendigkeit der Integration und Verknüpfung mit Geodaten bei Planung, Bau und Betrieb. Die Georeferenzierung eines BIM-Projekts kann je nach Anwendungsfall eine komplexe Fragestellung sein, die in der Praxis nicht unterschätzt werden sollte. Dieses Kapitel gibt eine kompakte Einführung in die wesentlichen Aspekte der Georeferenzierung und versucht Lösungen aufzuzeigen, wie diese in der Praxis gelöst werden kann.

## Literatur

- buildingSMART Australasia (2020): User Guide for Geo-referencing in IFC. <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/standards-library/>.
- Clemen, C.; Görne, H. (2019): Level of Georeferencing (LoGeoRef) using IFC for BIM. In: Journal of Geodesy, Cartography and Cadastre, 10/2019, S. 15-20.
- International Standard Organization (2021): ISO/TR 23262:2021 – GIS (geospatial)/BIM interoperability.
- Heunecke, O. (2017): Planung und Umsetzung von Bauvorhaben mit amtlichen Lage- und Höhenkoordinaten. In: zfv, 3/2017, S. 180-186.
- Jaud, Š.; Donaubaer, A.; Heunecke, O.; Borrmann, A. (2020): Georeferencing in the context of building information modelling. In: Automation in Construction, Vol. 118/2020.
- Macheiner, K. (2015): Drei große Eisenbahn-Tunnelprojekte in Österreich – ein Vergleich ausgewählter Aspekte aus der Sicht der ingenieurgeodätischen Praxis. In: Vermessung & Geoinformation (4), S. 221-234.
- Wiki Commons: Von Karte: NordNordWest, Lizenz: Creative Commons by-sa-3.0 de, CC BY-SA 3.0 de. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=35392837>.
- Windischer, G.; Hofmann, M.; Glatzl, R.; Bergmeister, K. (2019): Modellierung von Tunnelbauwerken in BIM Systemen unter Berücksichtigung besonderer Referenzsysteme für den länderübergreifenden Lage- und Höhenbezug. In: allgemeine vermessungs-nachrichten (avn), 126 (6-7), S. 123-130.
- Witte, B.; Sparla P.; Blankenbach, J. (2020): Vermessungskunde für das Bauwesen mit Grundlagen des Building Information Modeling (BIM) und der Statistik. Berlin/Offenbach: Wichmann.
- Wunderlich, Th. (2020): Misalignment – Can 3D BIM Overrule Professional Setting-out According to Plane and Height? Contributions to International Conferences on Engineering Surveying, Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences.

## 2.3 CAD, BIM und GIS – digitale Modelle der gebauten Umwelt

Beitrag von *Andreas Donaubaue*r, *Robert Kaden*, *Robert Seuß*, *Ulrich Gruber*t und *Thomas H. Kolbe*

Zahlreiche Systeme, Modelle und Formate zur Erstellung, Verarbeitung und Repräsentation von 3D-Modellen der gebauten Umwelt wurden in der Vergangenheit entwickelt und fanden weitreichende Verwendung in ihren Fachdomänen (siehe hierzu auch Kolbe & Donaubaue 2021). Bei der digitalen Planung mit der BIM-Methode sind vor allem die gemeinsame Nutzung der Modelle, der Software und Daten aus dem Bauwesen und der Geodäsie von großem Nutzen. Entsprechend den Anforderungen in den beiden Fachdomänen entstanden jedoch ganz unterschiedliche, grundlegende Modellierungsparadigmen, die zur Entwicklung unterschiedlicher Systeme, Modelle und Formate führten. Zwei grundlegende Evolutionsstufen überwand jedoch beide Fachdomänen: Zum einen von der zweidimensionalen hin zur dreidimensionalen Repräsentation und zum anderen von der geometrieorientierten hin zur objektorientierten Modellierung.

### 2.3.1 Von CAD zu BIM als Planungsgrundlage im Bauwesen

Es ist bemerkenswert, dass die Grundidee des heutigen *Computer Aided Design* (CAD) und des *Building Information Modeling* (BIM) fast zeitgleich, bereits in den 1960er-Jahren, ihren Ursprung hat. Das Konzept, welches der BIM-Methode zugrunde liegt, wurde bereits 1962 durch Douglas C. Englebart beschrieben. Englebart schlug ein objektorientiertes Design, parametrische Modellierung und relationale Datenbanken vor. Jedoch setzte sich im Laufe der Jahre – nicht zuletzt auch aufgrund der damaligen Rechen- und Grafikleistungen – zunächst CAD durch und etablierte sich als digitales Planungswerkzeug nicht nur in der Architektur- und Baubranche (Quirk 2012). Mit der Etablierung der Bezeichnung *Building Information Modeling* (BIM) ab 1992 und vor allem seit der Verabschiedung des *United States National Building Information Modeling Standard* (NBIMS) im Dezember 2007 entwickelte sich BIM zügig und wird aktuell auch durch Initiativen auf Bundes- und Landesebenen, z. B. den Stufenplan des Bundesministeriums für Verkehr und Digitale Infrastruktur (BMVI) oder den Koalitionsvertrag für Nordrhein-Westfalen 2017-2022, in Deutschland stark forciert. Während sich die Entwicklungen aus den USA auf den Hochbau konzentrierten, liegt in Deutschland getrieben durch den Stufenplan des BMVI der Fokus auch auf dem Infrastrukturbau (vgl. hierzu Kapitel 2.1.6)

BIM ist keine Weiterentwicklung von CAD, sondern basiert auf einer völlig anderen Herangehensweise zur Erstellung von digitalen Planungsdaten. Die häufig verwendeten CAD-Systeme, wie z. B. *AutoCAD* der Firma *Autodesk*, imitieren das traditionelle Zeichnen von Plänen in Form von Grundrissen, Schnitten und Ansichten (Grabowski 2010). Diese Zeichnungen werden zweidimensional erstellt und beinhalten einfache geometrische Elemente wie Linien und Bögen sowie Beschriftungen. Aber auch komplexe geometrische Beschreibungen, z. B. durch Splines oder Freiformflächen sind möglich. Im Gegensatz dazu wird in BIM nicht das händische Zeichnen von Grundrissen, Schnitten und Ansichten, sondern die Repräsentation von (geplanten) Objekten der realen Welt in Form von 3D-Modellen imitiert (Grabowski 2010). Im Fokus der Modellierung stehen demnach nicht die geometrischen Elemente Punkte, Linie und Flächen, sondern die Realweltobjekte wie Gebäude, Wände, Decken, Fenster und Türen (vgl. Abbildung 2.3-1).

Die geometrischen Elemente, die im CAD-System gezeichnet werden, besitzen geometrische Kenntnisse über sich selbst, z. B. die Koordinaten der Stützpunkte, Länge, Winkel und Radius. Darüber hinaus können den Elementen eine begrenzte Menge an Informationen hinzugefügt werden, entweder in Form von Attributen oder z. B. durch eine definierte Layerstruktur, wodurch ein geometrisches Element durch Zuordnung zu einem bestimmten Layer, z. B. die Information „Wand“, erhält. Zwar unterstützen viele dieser CAD-Systeme mittlerweile das Zeichnen von 3D-Modellen durch 3D-Drahtgitter oder -flächen, jedoch sind diese nicht viel „intelligenter“ als 2D-Linien. 3D-CAD-Modelle wissen

beispielsweise nicht, welche geometrischen Elemente eine spezielle Wand beschreiben, die zu einem Gebäude gehören oder welche bauphysikalischen Eigenschaften sie haben. Im Gegensatz zur einfachen layerbasierten Semantik in CAD-Systemen wird in BIM-Systemen eine Wand explizit als „Wand“-Objekt modelliert. Solche Objekte haben in einem BIM Informationen, z. B., dass sie senkrecht stehen, mit anderen Wänden eine Verbindung besteht, über und unter ihnen Decken sind und dass sie Öffnungen für Türen und Fenster besitzen. Sie beinhalten darüber hinaus Informationen über ihre Materialien, ob sie innen oder außen sind, tragend oder nicht tragend und ob sie eine Isolierung oder Verkleidung haben.

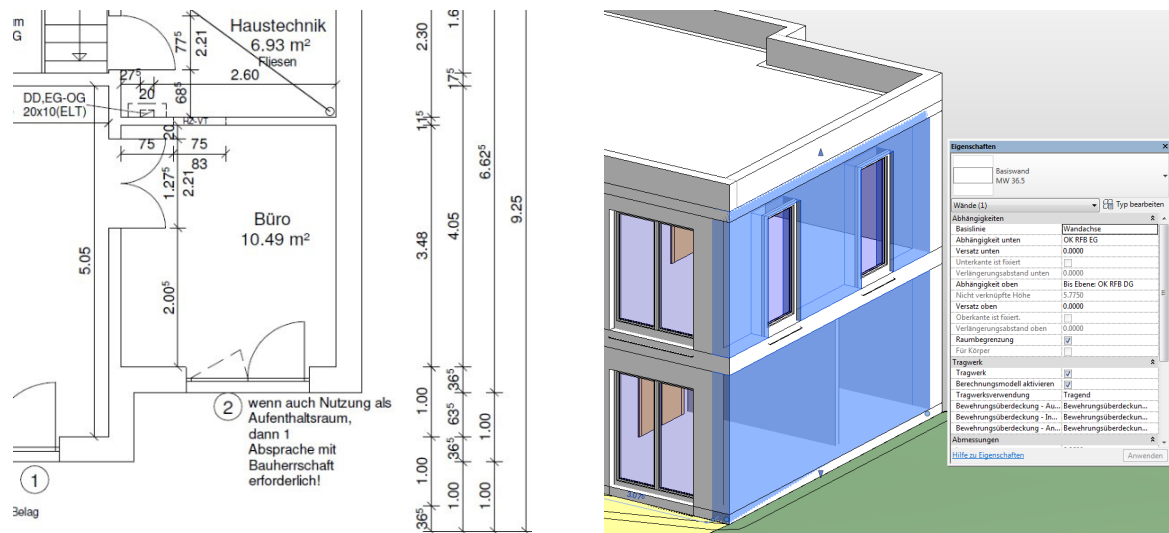


Abb. 2.3-1: Vergleich CAD-Zeichnung (links) und BIM-Modell (rechts).

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen CAD und BIM besteht in der Geometrirepräsentation. Wie bereits beschrieben, werden CAD-Zeichnungen durch einfache geometrische Elemente wie Linien und Bögen erstellt. In BIM-Systemen werden die Geometrien der Objekte durch Volumenelemente beschrieben, welche auf parametrischen Elementen, *Constructed Solid Geometry* oder *Sweep* basieren, und durch logische Operationen wie „Vereinigung“ oder „Abzug“ gebildet werden.

Um ein Gebäude vollständig durch CAD-Grundrisse, -Schnitte und -Ansichten zu beschreiben, wird eine Vielzahl von einzelnen CAD-Dateien benötigt. Um bei größeren Projekten den Überblick zu bewahren, ist ein *Control Panel* erforderlich wie beispielsweise der „*Sheet Set Manager*“ von *AutoCAD*. Änderungen in einer Zeichnung betreffen in der Regel auch andere Zeichnungen, welche dann aufwendig nachgeführt und konsistent gehalten werden müssen. Ein Gebäude, welches mittels der BIM-Methode entworfen wurde, wird im Gegensatz zu CAD in der Regel in **einer** Datei gespeichert, die sämtliche Informationen über das Gebäude beinhaltet, von der grundlegenden Baustruktur bis zur technischen Gebäudeausstattung, Fußbodenbelag und Bestandteillisten. 2D-CAD-Zeichnungen, wie Grundrisse, Schnitte und Ansichten, können bei Bedarf aus dem 3D-Modell abgeleitet werden.

### 2.3.2 Bauwerksmodelle im Vergleich – Modellierungskonzepte in BIM und GIS

Ähnliche Entwicklungen wie in der AEC-Domäne (*Architecture, Engineering and Construction*) fanden parallel in der Geodäsie/GIS-Domäne statt – von einer geometrieorientierten, zweidimensionalen Modellierung in frühen GI-Systemen hin zu objektorientierten 3D-Stadt- und Landschaftsmodellen und objektorientierten Modellen für weitere Geobasis- und Geofachdaten (vgl. Kapitel 2.3.3).



Aufgrund der unterschiedlichen Zielstellungen der Anwendungsbereiche gibt es in den beiden Domänen jedoch wesentliche Unterschiede auf System-, Modell- und Formatebene, welche den Datenaustausch und die Datenintegration erschweren. Die bedeutendsten Unterschiede umfassen:

1. das grundlegende Modellierungsparadigma,
2. der Skalenbereich (Ausdehnungsbereich) und Inhalt,
3. der Detaillierungsgrad,
4. die Geometrirepräsentation,
5. die Georeferenzierung und
6. die Standards.

Das **1. Modellierungsparadigma** der BIM-Methode kann als Top-down-Ansatz betrachtet werden. Zunächst existiert eine Idee für ein Gebäude, die in einem Modell entwickelt und schließlich in der realen Welt errichtet wird. Das Ergebnis wird schließlich as-built dokumentiert. Das Ziel eines BIM-Modells ist somit die korrekte Darstellung der geplanten Welt, welche durch konstruktive Elemente und Komponenten repräsentiert wird. Im Gegensatz dazu entspricht das Modellierungsparadigma in einem GIS einem *Bottom-up*-Ansatz. Es existiert die reale Welt, die durch Beobachtung bzw. Vermessung erfasst und letztlich in ein Modell überführt wird. Das Ziel eines GIS-basierten Modells ist daher die korrekte Repräsentation der realen Welt, wobei in der Regel nur sichtbare Objektoberflächen erfasst und dargestellt werden. Abbildung 2.3-2 verdeutlicht beide Modellierungsansätze am Beispiel eines Modellausschnitts mit den entsprechenden Objektklassen in IFC und CITYGML 2.0. Während in einem BIM-Modell (links) die konstruktiven Elemente modelliert werden, werden in einem 3D-Stadtmodell (rechts) die beobachtbaren Objektoberflächen modelliert. Aus Gründen der Interoperabilität zwischen IFC und CityGML ist in der aktuellen Version CityGML 3.0 (Kolbe et al. 2021) neben der oberflächenorientierten auch eine bauteilorientierte Repräsentation vorgesehen (Details siehe auch Kapitel 2.7).

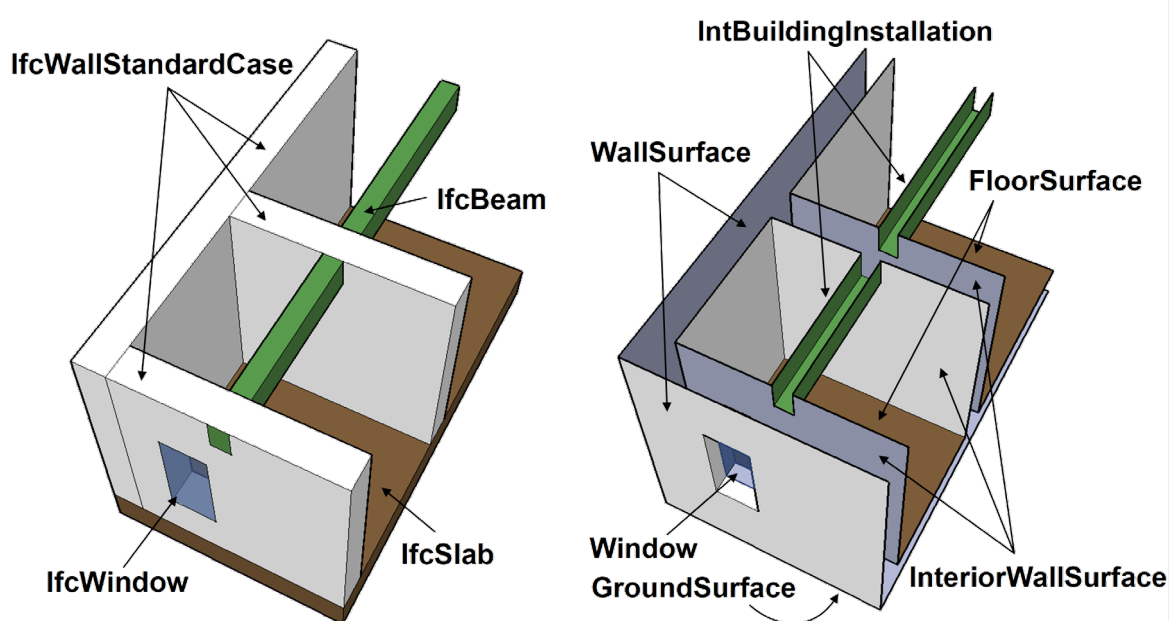


Abb. 2.3-2: Darstellung der unterschiedlichen Modellierungsparadigmen am Beispiel eines Modellausschnitts mit den entsprechenden Objektklassen in IFC- und CityGML (Nagel et al. 2009).

Die Modellierung in BIM und GIS unterscheidet sich auch in Bezug auf den **2. Skalenbereich (Ausdehnungsbereich) und Inhalt** der Modelle. Der Skalenbereich der BIM-Modelle umfasst die detaillierte Sicht auf ein spezielles Gebäude, von der Grundstruktur bis hin zu einzelnen Komponenten. Im Gegensatz dazu umfasst der Skalenbereich GIS-basierter 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle alle Gebäude sowie Objekte weiterer thematischer Bereiche (z. B. Verkehrsflächen, Gelände, Gewässer und Vegetation) einer ganzen Region, Stadt oder eines ganzen Landes (vgl. Abbildung 2.3-3). Überschneidungen beider Welten ergeben sich im Bereich der Gebäude und Innenräume der Gebäude.

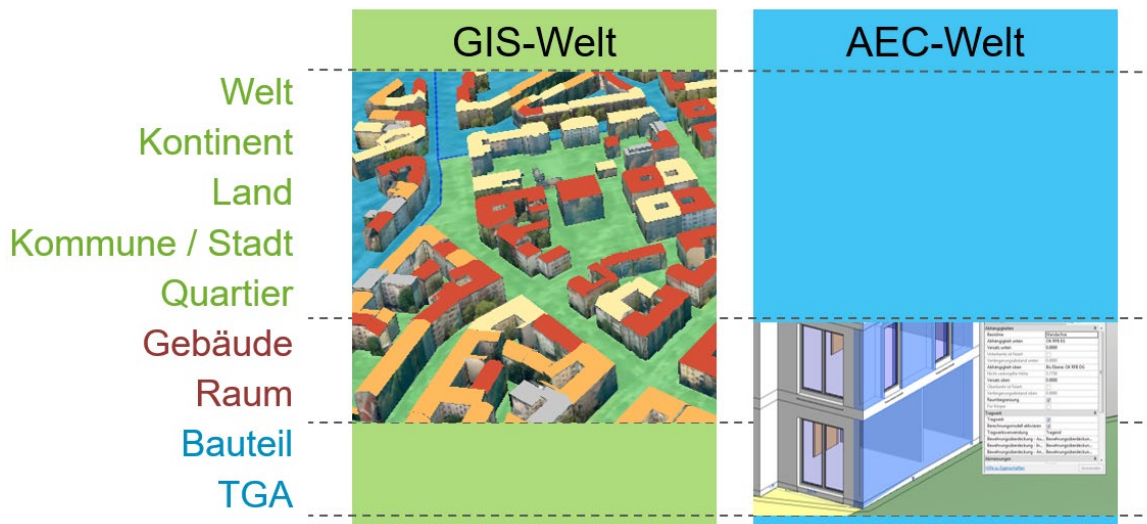


Abb. 2.3-3: Darstellung der Skalenbereiche und Inhalte der GIS- und BIM-Welt.

Der unterschiedliche Anwendungskontext von BIM und GIS erfordert auch unterschiedliche Definitionen der **3. Detaillierungsgrad der Modelle**. Eine in der Praxis etablierte Definition der sogenannten Reifegrade von BIM-Modellen beinhaltet die Spezifikation *Level of Development Specification* (BIMForum 2020, VDI 2552 Blatt 4). Die *Level of Development (LOD)* beziehen sich auf die Fachmodelle und Leistungsphasen und erlauben die Definition der Detailtiefe von Geometrie und Information der Bauteile, vom Entwurf bis zum Betrieb eines Bauwerks. Die Spezifikation beinhaltet dabei keine definierte Menge an Information, welche in einem Modell vorhanden sein muss, sondern liefert vielmehr einen Rahmen, mit dessen Hilfe die Spezifizierungen im BIM-Abwicklungsplan (BAP) definiert werden können. Das bedeutet, dass innerhalb einer Leistungsphase der LOD zwischen den Disziplinen unterschiedlich sein kann. Die LODs sind entsprechend der Spezifikation wie folgt definiert (vgl. Abbildung 2.3-4):

- LOD 100: Vorentwurfsmodell – Konzeptionelle Modellerstellung in Form von Fläche, Höhe, Volumen, Lage und Ausrichtung.
- LOD 200: Entwurfsmodell – Elemente werden als generisches System, Objekt oder Baugruppe mit ungefähren Mengen, Größe, Form, Lage und Ausrichtung dargestellt.
- LOD 300: Genehmigungsmodell – Elemente werden als spezifisches System, Objekt oder Baugruppe in Bezug auf Menge, Größe, Form, Lage und Ausrichtung dargestellt.
- LOD 350: Modell zur Angebotskalkulation – enthält Modelldetails und -elemente zur Darstellung, wie Gebäudeelemente mit verschiedenen Systemen und anderen Gebäudeelementen verbunden sind.

- LOD 400: Ausführungsmodell – Elemente werden als ein spezifisches System, Objekt oder eine Baugruppe in Bezug auf Größe, Form, Lage, Menge und Ausrichtung sowie mit zusätzlichen Detaillierungs-, Herstellungs-, Montage- und Installationsinformationen dargestellt.
- LOD 500: *As-built*-Modell – Elemente werden nach quantifizierter Vermessung in Bezug auf tatsächlicher Größe, Form, Lage, Menge und Ausrichtung dargestellt.
- LOD 600: Facility-Management Modell – das Modell repräsentiert Informationen, die für das Facility Management relevant sind. Gegebenenfalls kann der geometrische Detaillierungsgrad geringer sein, als beim LOD 500.

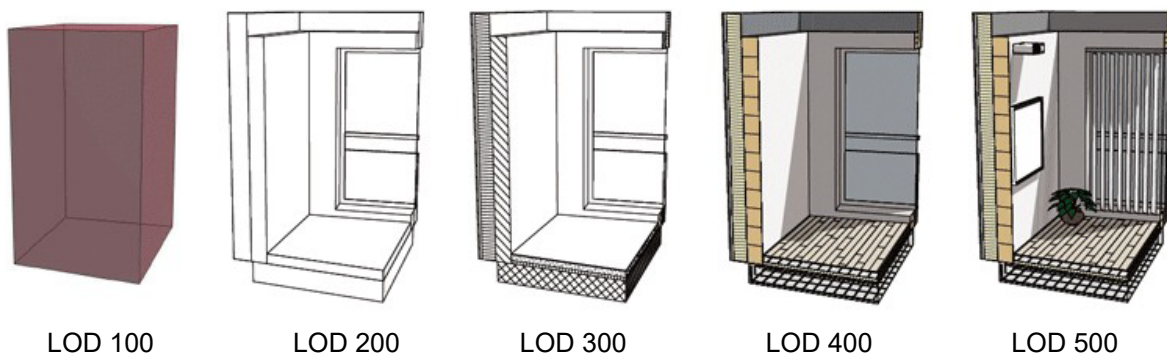


Abb. 2.3-4: Level of Development (LOD) (Fertigstellungsgrad) der Bauteile eines Raums in BIM (Aardeplan 2014).

Der Detaillierungsgrad in GIS-basierten 3D-Modellen adressiert den Aspekt des Maßstabs in Karten und wird durch die sogenannten *Levels of Detail (LOD)* definiert. Anders als in BIM-LODs werden hier Inhalte der Modelle nach dem Prinzip der Generalisierung definiert, d. h., dass in einer niedrigen LOD-Stufe Objekte geometrisch weniger detailliert modelliert werden. Die LODs in 3D-Stadt- und Landschaftsmodellen sind nach CityGML 3.0 wie folgt definiert (vgl. Abbildung 2.3-5):

- LOD 0: stark generalisiertes Modell,
- LOD 1: „Klötzchenmodell“/extrudierte Geometrien,
- LOD 2: realitätsnahe, aber immer noch generalisiertes Modell,
- LOD 3: hochdetailliertes Modell.

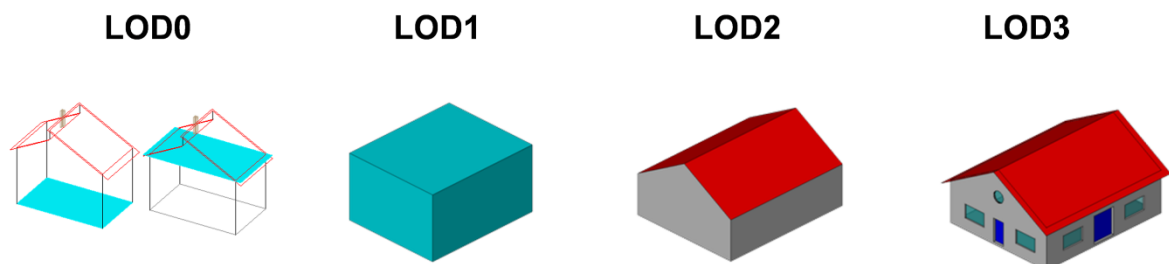


Abb. 2.3-5: Repräsentation eines Gebäudes (Gebäudehülle) in LOD0 bis LOD3 (Kolbe et al. 2021).

Frühere Definitionen sahen mit LOD 4 ein eigenes LOD für den Innenraum von Bauwerken vor. Die Repräsentation des Innenraums war im LOD 4 an eine hochdetaillierte Repräsentation der Gebäudehülle gekoppelt. Die Praxis zeigte jedoch, dass diese Definition nicht alle Anwendungsfälle abdeckt. So kann es zum Beispiel erforderlich sein, ein LOD1 Gebäude mit einer Repräsentation des Innenraums zu kombinieren (zum Beispiel in Form von Grundrissplänen). Das aktuelle LOD-Konzept

unterscheidet daher nicht mehr nach Außen- und Innenraum und lässt die Kombination von Objekten unterschiedlicher LOD in einem 3D-Modell zu. Weitere Details zum LOD-Konzept können in Kolbe et al. (2021) und Löwner et al. (2016) nachgelesen werden.

Die grundlegend verschiedenen Modellierungsparadigmen in BIM und GIS bedingen insbesondere auch unterschiedliche **4. Geometrirepräsentationen** der Modelle. In einem BIM-Modell werden die Bauteile und Komponenten eines Gebäudes durch Volumenkörper geometrisch repräsentiert. Diese Volumenelemente basieren zunächst auf geometrischen Grundkörpern, wie parametrischen Elementen, *Constructive Solid Geometry (CSG)* oder *Sweep*, welche dann durch logische Operationen, wie Vereinigung oder Abzug, kombiniert werden, und das Bauteil geometrisch repräsentieren (vgl. Abbildung 2.3-6, links). Im Gegensatz dazu werden in einem GIS-basierten 3D-Modell die sichtbaren Begrenzungsflächen, die z. B. einen Raum umschließen, durch Randflächenbeschreibung (engl. *Boundary Representation (B-Rep)*) repräsentiert. Die Randflächen werden durch planare, geschlossene Polygone geometrisch beschrieben, wobei die Form und Orientierung (Vorder-/Rückseite) der Polygone durch die Reihenfolge der Polygonstützpunkte definiert ist (vgl. Abbildung 2.3-6, rechts).

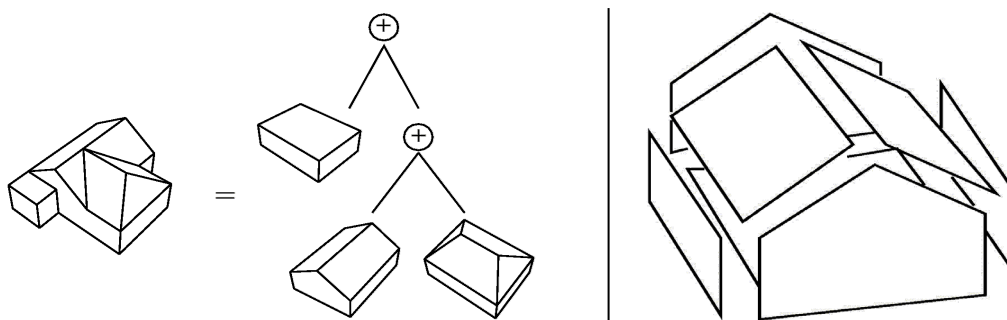


Abb. 2.3-6: Geometrirepräsentation in BIM durch parametrische Elemente, CSG oder Sweep und logischer Verknüpfung der Grundelemente (links) und in GIS durch Akkumulation aller umschließenden Begrenzungsflächen (B-Rep) (rechts). Adaptiert von (Kolbe & Plümer 2004).

Die parametrische Geometrirepräsentation in BIM-Modellen eignet sich gerade für den Entwurf von Gebäuden, da Bauteile häufig rechteckig, parallel oder senkrecht platziert werden und Anpassungen der Abmessungen leicht durch das Verändern eines Parameters, wie der Breite, Höhe oder Tiefe erfolgen können. Nicht so einfach ist jedoch das Abgreifen von Koordinaten beliebiger Gebäudepunkte aus der parametrischen BIM-Geometrie. Koordinaten von Gebäudeecken, die z. B. zur Absteckung einer Achse oder zur räumlichen Indexierung in Datenbanksystemen benötigt werden, sind im Gegensatz zur Randflächenbeschreibung häufig nicht explizit gespeichert und müssen im BIM-System zunächst definiert und berechnet werden. Die Randflächenbeschreibung eignet sich besonders zur Repräsentation der beobachtbaren Welt und ermöglicht eine einfache Weise, z. B. auch verformte oder gekippte Wandoberflächen, entsprechend einer *as-built*-Vermessung, abzubilden. Jedoch sind geometrische Relationen nur implizit durch die Geometrie vorhanden, was das Durchführen von Änderungen erschwert.

Ein weiterer – vor allem aus geodätischer Sicht – bedeutender Unterschied zwischen BIM und GIS besteht in der **5. Georeferenzierung** der räumlichen Daten. Die mathematischen Modelle der geodätischen Koordinatenreferenzsysteme (CRS), z. B. ETRS89, erlauben die räumliche Repräsentation von Objekten in Bezug zur gesamten Erde, während sich lokale Projektkoordinatensysteme (PCS) in BIM-Systemen lediglich zur geometrischen Beschreibung eines bestimmten Bauwerks eignen, unabhängig von anderen Objekten in seiner Umgebung. Die eigentliche Georeferenzierung eines BIM-Projekts erfolgt in der Regel durch einen Referenzpunkt der Projektgeometrie, welchem

Koordinaten des übergeordneten CRS zugeordnet werden sowie ggf. durch eine Rotation zum geographischen Norden.

Tabelle 2.3-1 fasst die wesentlichsten Merkmale und Unterschiede zwischen einem lokalen PCS und einem geodätischen CRS (hier am Beispiel ETRS89) zusammen, welche bei der Georeferenzierung beachtet werden müssen (Kaden & Clemen 2017).

	PCS	CRS (z. B. ETRS89/UTM)
<b>Einheit</b>	Verschieden <i>Definiert durch Ersteller</i> ggf. Umrechnung der Einheiten erforderlich	Meter Definiert durch CRS
<b>Abdeckung</b>	Lokal <i>Begrenzt durch Planungsgebiet</i> Bei größeren Baugebieten werden z. T. mehrere PCS definiert	Welt Begrenzt durch Definition des CRS
<b>Zonenwechsel</b>	Nein PCS wird in der Regel über gesamtes Planungsgebiet definiert	Ja <i>Durch definierte Zonengrenzen der UTM-Projektion</i> Transformation erforderlich bei Bauwerken, welche Zonengrenzen schneiden
<b>Koordinatenlänge</b>	Kleine Zahlen <i>Ursprung des PCS nahe des Planungsgebiets</i> —> Große Zahlen führen in einigen BIM-Systemen zu numerischen Problemen	Große Zahlen 7-8 Stellen vor und 2-3 Stellen nach dem Komma
<b>Abbildungsverzerrung</b>	Nein <i>1:1</i> —> Planungen in BIM erfolgen i. d. R. maßstabsfrei	Ja <i>bis zu ~ 400 ppm</i> —> Korrektur muss bei der Nutzung von GIS-Daten in BIM angebracht werden
<b>Höhenreduktion:</b>	Nein <i>1:1</i> —> Planungen in BIM erfolgen i. d. R. maßstabsfrei	Ja <i>1 km in 500 m ü. NN</i> <i>ca. 8,5 cm kürzer</i> —> Korrektur muss bei der Nutzung von GIS-Daten in BIM angebracht werden

Tab. 2.3-1: Unterschiede zwischen einem lokalen PCS und einem geodätischen CRS (hier am Beispiel ETRS89).

Ein weiterer Unterschied zwischen der BIM- und der GIS-Welt betrifft die **6. Standardisierung** (siehe auch Kapitel 2.7). Unterschiedliche Standardisierungsorganisationen haben die Entwicklungen der Datenmodelle und -formate vorangetrieben, was zu einer Reihe von strukturellen Unterschieden der Datenmodelle und -formate führte. Die Entwicklungen und die Standardisierung in der BIM-Welt wur-

den überwiegend durch die *buildingSMART International (bSI)* geleitet. Ein Ergebnis der Standardisierung sind die *Industry Foundation Classes (IFC)*, ein Datenmodell und Austauschformat für BIM, welches auf einer Reihe von Normen basiert (z. B. ISO TC 184/SC4, ISO/PAS 16739) und unter Verwendung der Modellierungssprache *EXPRESS* erstellt wurde. Im Gegensatz dazu werden die Entwicklungen und Standardisierung in der GIS-Welt durch das *OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC)* sowie des ISO TC 211 begleitet. Ein wichtiges Datenmodell und Austauschformat für 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle ist die bereits erwähnte *City Geography Markup Language (CityGML)*, welche im Gegensatz zu IFC auf der Normenreihe ISO 191xx-Familie des ISO TC 211 basiert und mittels der *Unified Modeling Language (UML)* modelliert wurde. Um die Interoperabilität der BIM- und GIS-Welt zu verbessern, wurde zwischen der bSI sowie dem OGC und ISO eine offizielle Liaison beschlossen, um zukünftige Entwicklungen von Standards zu Datenmodellen und -formaten in Absprache und teilweise in enger Zusammenarbeit zwischen den entsprechenden Arbeitsgruppen durchzuführen. Dies geschah z. B. bei der Entwicklung des *IFC-Alignment*-Konzepts zur Modellierung von Infrastrukturprojekten durch die bSI Expertengruppe IFC Rail/IFC Road mit der OGC Land-Infra Arbeitsgruppe, bei der Entwicklung neuer IFC-Koordinatenoperationen durch das bSI, die in enger Absprache mit dem OGC erfolgt, sowie im Rahmen der Arbeitsgruppe Integrated Digital Built Environment (weitere Informationen hierzu siehe Gilbert et al. 2020).

Aufgrund der oben beschriebenen strukturellen Unterschiede – beispielsweise bei der Geometriepäsentation – ist jedoch absehbar, dass trotz Kooperation der Standardisierungsgremien eine vollständige Harmonisierung der Modelle aus den verschiedenen Fachdomänen nicht erreicht werden kann. Möglichkeiten zur Integration von BIM und GIS werden im Kapitel 2.3.4 beschrieben.

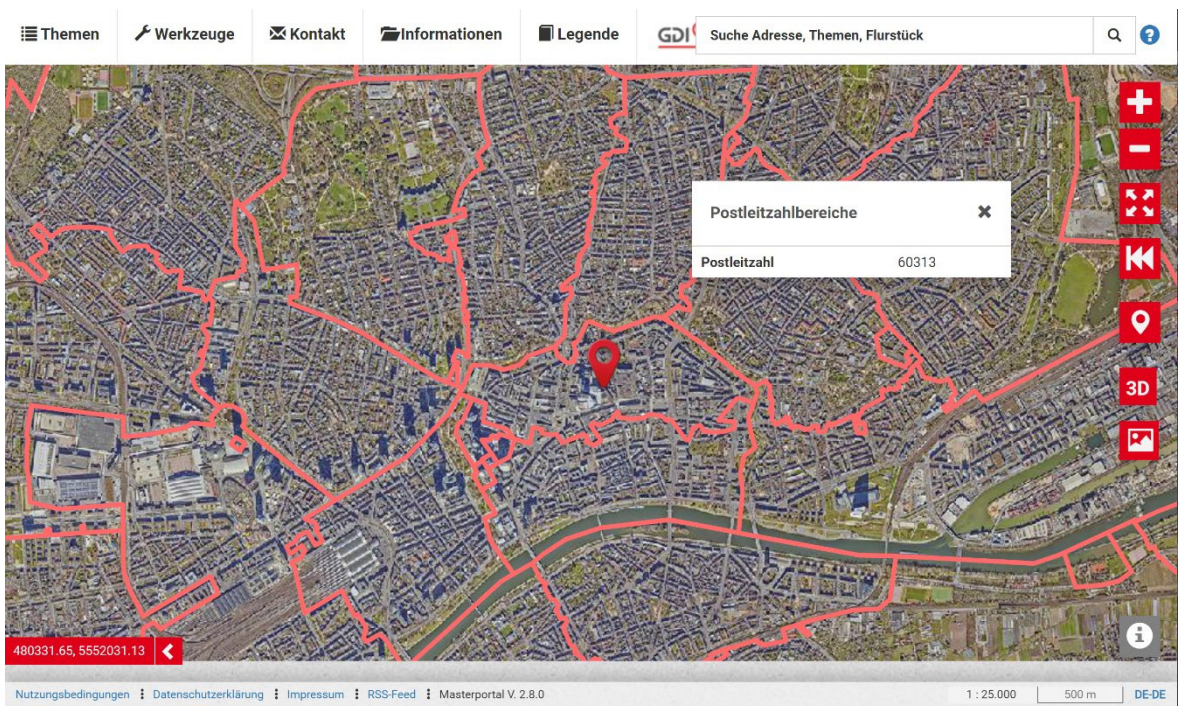
### 2.3.3 Geobasis- und Geofachdaten als Planungsgrundlage und Visualisierungsinstrument

Geodaten beschreiben Objekte der realen Welt in digitaler Form und lokalisieren sie in einem Raumbezugssystem. Sie lassen sich unterteilen in Geobasisdaten und Geofachdaten. Geobasisdaten haben hierbei die Aufgabe, einen flächendeckenden Orientierungsrahmen zu bilden, auf dem sich die teilweise nur räumlich verteilt vorliegenden Fachdaten, wie z. B. Bäume, Versorgungsleitungen oder auch rechtliche Festlegungen, präsentieren lassen. Grundsätzlich können amtliche und nichtamtliche Geobasisdaten unterschieden werden. Die amtlichen Geobasisdaten werden durch die Vermessungsverwaltungen der Bundesländer in Deutschland erstellt, aktualisiert und über verschiedene Angebote bereitgestellt. Sie sind durch die 3A-Modelle umfassend beschrieben und bundesweit weitgehend einheitlich im Inhalt. Durch ihren amtlichen Charakter garantieren sie Stabilität, Verlässlichkeit und definierte Aktualisierungsintervalle. Daneben entwickelt sich seit den 2000er-Jahren ein Markt von nichtamtlichen Geobasisdaten, die ebenfalls als Hintergrund und Visualisierungsplattformen genutzt werden können. Typische Vertreter sind hier z. B. Google Maps und Google Earth, Bing Maps von Microsoft, Here oder das Community Projekt Open Street Map (OSM). Auch GIS-Anbieter wie Esri oder Hexagon bieten in ihren Softwareplattformen unterschiedliche Grundkarten zur Orientierung an.

Geofachdaten sind die in den jeweiligen Anwendungsdomänen erfassten Daten. Sie werden aufgrund gesetzlicher Vorgaben (z. B. Natur- und Umweltschutz, Statistik, Bauleitplanung) oder wirtschaftlichem Interesse (z. B. Versorgungsunternehmen, Geomarketing, Versicherungen) geführt. Sie lassen sich aufgrund eines direkten Raumbezugs (Koordinate bezogen auf ein geodätisches Koordinatenreferenzsystem) oder eines indirekten Raumbezugs (Adresse, administrative Einheit oder eine Kennziffer) im Raum verorten (vgl. Abbildung 2.3-7 und Abbildung 2.3-8).



Abb. 2.3-7: Baumkataster als Geofachdaten mit der Stadtgrundkarte als Geobasisdaten am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main (<https://geoportal.frankfurt.de>).



2.3-8: Postleitzahlbezirke als Geofachdaten mit den Luftbildern als Geobasisdaten am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main (<https://geoportal.frankfurt.de>).

In vielen Fällen liegen die Geofachdaten als 2D-Daten bzw. als 2,5D-Daten (mit einer Höhen- bzw. Tiefeninformation als Attributwert) vor.

Für das Zusammenspiel von BIM und GIS spielen die amtlichen Geobasisdaten eine entscheidende Rolle (siehe auch den Beitrag von Reuters im Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Sie bilden in allen Bau- und Infrastrukturvorhaben den Ausgangspunkt der Planung und liefern wichtige Basisinformationen zum aktuellen Zustand des Planungsgebietes. Daher wird im Folgenden ein kurzer Überblick über die Produkte gegeben. Für eine vertiefte Darstellung sei auf AdV (2021a) bzw. Kummer et al. (2020) verwiesen.

## Amtliche Geobasisdaten in Deutschland

Die amtlichen Geobasisdaten unterteilen sich in das Liegenschaftskataster, die Geotopographie, den integrierten geodätischen Raumbezug und weitere Produkte.

### Liegenschaftskataster

Das Liegenschaftskataster (ALKIS) ist das von der Vermessungs- und Katasterverwaltung geführte öffentliche Register zum landesweiten Nachweis von Grundstücken und Gebäuden (Liegenschaften). Es enthält im grafischen Teil die einzelnen Flurstücke mit ihren Grenzen, die Gebäude, die Nutzungsarten mit ihren Grenzen sowie in einigen Bundesländern topographische Gegenstände und das Ergebnis der Bodenschätzung. Im beschreibenden Teil enthält es u. a. die Angaben zum Flurstück, wie Flurstückskennzeichen, Fläche und Lagebezeichnung, öffentlich-rechtliche Festlegungen, wie Hinweise auf Baulasten und die Eigentümerinformationen.

Aus dem Liegenschaftskataster werden außerdem die amtliche Hauskoordinaten und die Hausumringe als eigene Produkte abgeleitet und bundesweit zentral bereitgestellt.

### Geotopographie

Die Geotopographie verfolgt das Ziel, die reale Landschaft zu beschreiben. Wesentliche Inhalte sind Siedlungen, Verkehrsnetze, Vegetation, Gewässer und Geländeformen sowie Grenzen politischer und administrativer Einheiten. Alle Produkte werden unter dem Begriff ATKIS zusammengefasst. Zu ATKIS gehören die Digitalen Landschaftsmodelle (DLM), amtliche Digitale Topographische Karten (DTK), Digitale Geländemodelle und Digitale Orthophotos (DOP).

Die **Digitalen Landschaftsmodelle** beschreiben die topographischen Objekte der Landschaft und das Relief in Vektorform. Landschaftsmodelle liegen in unterschiedlicher Informationsdichte als

- Digitales Basislandschaftsmodell – Basis-DLM,
- Digitales Landschaftsmodell 50 – DLM50,
- Digitales Landschaftsmodell 250 – DLM250,
- Digitales Landschaftsmodell 1000 – DLM1000

vor. Die Nummer multipliziert mit 1.000 geben den ungefähr zu verwendenden Maßstabsbereich wieder.

**Amtliche (Digitale) Topographische Karten** sind auf den jeweiligen Landschaftsmodellen erzeugte digitale, georeferenzierte Rasterkarten. Sie werden in folgenden Maßstäben bereitgestellt:

- (Digitale) Topographische Karte 1:25 000 – DTK25,
- (Digitale) Topographische Karte 1:50 000 – DTK50,
- (Digitale) Topographische Karte 1:100 000 – DTK100,
- (Digitale) Topographische Karte 1:250 000 – DTK250,
- (Digitale) Topographische Karte 1:1.000 000 – DTK1000.

**Digitale Geländemodelle (DGM)** sind numerische, auf ein regelmäßiges Gitter reduzierte Modelle der Geländehöhen und -formen. Folgende Detailstufen werden bereitgestellt:

- Digitales Geländemodell Gitterweite 1 m = DGM1,
- Digitales Geländemodell Gitterweite 2 m = DGM2,



- Digitales Geländemodell Gitterweite 5 m = DGM5,
- Digitales Geländemodell Gitterweite 10 m = DGM10,
- Digitales Geländemodell Gitterweite 25 m = DGM25,
- Digitales Geländemodell Gitterweite 50 m = DGM50,
- Digitales Geländemodell Gitterweite 200 m = DGM200,
- Digitales Geländemodell Gitterweite 1000 m = DGM1000.

Die DGM enthalten nur Punkte der Geländeoberfläche. DGM größerer Gitterweite werden in der Regel aus dem DGM mit der geringsten verfügbaren Gitterweite mittels Neuinterpolation automatisiert abgeleitet. Für alle Geländemodelle liegen Genauigkeitsangaben zur Höhengenaugkeit vor. So liegt z. B. die Höhengenaugkeit im DGM1 bei flach bis wenig geneigtem, offenes Gelände bei bis zu  $\pm 10$  cm + 5 % der Gitterweite und bei stark geneigtem Gelände mit dichter Vegetation bei bis zu  $\pm 10$  cm + 20 % der Gitterweite. Das Digitale Geländemodell mit der Gitterweite 1 m (DGM1) unterliegt ab Ende 2019 einer Grundaktualität von zehn Jahren. Für hochwasser- und bodensenkungsgefährdete Gebiete wird eine Spitzenaktualität von drei Jahren angestrebt. Weitere Details zu den anderen Modellen finden sich bei AdV (2021a).

Aus den DGM-Daten können z. B. Schräglicht-, Steillicht und Böschungsschummerungen erstellt werden (Abbildung 2.3-9).

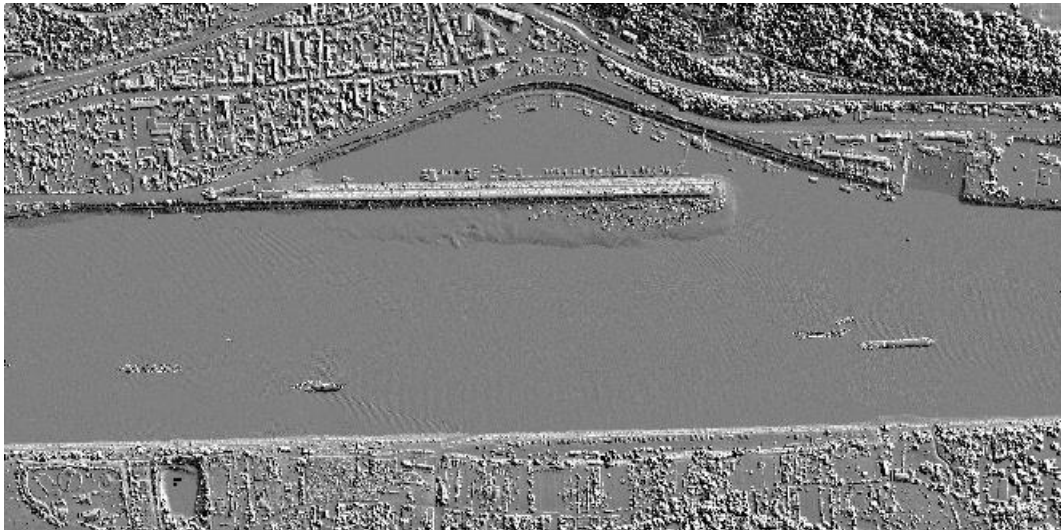


Abb. 2.3-9: Beispiel einer Schummerungsdarstellung (AdV 2021b).

**Digitale Orthophotos (DOP)** sind verzerrungsfreie- und maßstabsgetreue Abbildung der Erdoberfläche, die durch photogrammetrische Verfahren aus Luftbildern abgeleitet wird. DOP sind also digitale georeferenzierte Luftbilder, die als Geobasisdaten flächendeckend in den Auflösungen DOP 20 (20 cm pro Pixel), DOP 40 (40 cm pro Pixel) und in einigen Bundesländern als DOP10 (10 cm pro Pixel) als Rasterdaten bereitgestellt werden. Sie eignen sich besonders als Hintergrundinformation für Planungs- und Visualisierungszwecke (vgl. Abb. 2.3-8).

#### **Integrierter geodätischer Raumbezug**

Der integrierte geodätische Raumbezug verknüpft die Bezugssysteme ETRS89/DREF91 (Realisierung 2016), DHHN2016 und DHSN2016 über das Quasigeoid-Modell GCG2016. Damit lassen sich geometrische Höhen, die mit GNSS gemessen sind, mit den physikalischen Höhen aus Nivellements rechnerisch verknüpfen. Damit ist eine hochgenaue Georeferenzierung vergleichsweise einfach zu ermöglichen und bildet die Grundlage für zentimetergenaue Fahrzeugnavigation, z. B. im Precision Farming, im autonomen Fahren aber auch in der Baumaschinensteuerung.

### Weitere Produkte

Neben den Standardprodukten der AdV bieten einige Bundesländer noch weitere Produkte an. Besonders interessant sind dabei die Digitalen Oberflächenmodelle (DOM) und die 3D-Messdaten (Punktwolken).

Bei den **Digitalen Oberflächenmodellen** handelt sich um digitale, numerische, auf ein regelmäßiges Gitter reduzierte Modelle der Höhen und Formen der Erdoberfläche inklusive Bauwerke und Vegetation:

- Digitales Oberflächenmodell Gitterweite 0,1 m = DOM01,
- Digitales Oberflächenmodell Gitterweite 0,2 m = DOM02,
- Digitales Oberflächenmodell Gitterweite 0,4 m = DOM04,
- Digitales Oberflächenmodell Gitterweite 1 m = DOM1,
- Digitales Oberflächenmodell Gitterweite 5 m = DOM5.

DOM werden nach ihrer Gitterweite strukturiert. DOM größerer Gitterweite werden in der Regel aus dem DOM mit der geringsten verfügbaren Gitterweite mittels Neuinterpolation automatisiert abgeleitet.

Die **3D-Messdaten (Punktwolken)** sind unregelmäßig verteilte Messpunkte und/oder linien- oder flächenhafte Strukturen der Erdoberfläche. Linienhafte und flächenhafte Strukturen sind zum Beispiel Kantenlinien und Böschungflächen. Flächendeckende Punktwolken werden durch Airborne Laserscanning (ALS) oder mithilfe von Dense Image Matching (Bildkorrelation) gewonnen. Dabei werden sowohl dauerhaft mit der Erdoberfläche verbundene als auch temporär zum Erfassungszeitpunkt auf der Erdoberfläche befindliche Gegenstände erfasst.

3D-Messdaten können allgemein die Klassifizierung in Boden- oder Nicht-Bodenpunkte als Attribut tragen. Je nach verwendetem Klassifizierungsverfahren können Nicht-Bodenpunkte detaillierter unterschieden werden nach der Zugehörigkeit zu Gebäuden und Bauwerken oder mehreren Vegetationsstufen. Bäume, Masten, Hochspannungsleitungen sowie Autos sind ggf. Bestandteil der Nicht-Bodenpunkte“ (AdV 2019b). Die 3D-Messdaten bieten in der Lage eine Genauigkeit von  $\pm 30$  cm und in der Höhe von  $\pm 15$  cm. Ein Beispiel zur Visualisierung von Punktwolken zeigt Abbildung 2.3-10.



Abb. 2.3-10: Visualisierung eines Ausschnitts einer farbigen Punktwolke in Kreis Recklinghausen.

Gelände- und Oberflächenmodelle werden zunehmend im Rahmen von Realwelt- und Planungsmodellierungen genutzt. So werden beispielsweise Daten der Digitalen Geländemodelle mit einer Rasterweite von 10 m und kleiner für die Darstellung der Geländeoberfläche in flächendeckenden Visualisierungen von Stadt- und Landschaftsmodellen genutzt. Diese liefern durch Verschneidung der Gebäude- und Bauwerkskörper den Höhenbezug der Objekte des Stadtmodells.

Aber nicht nur für Visualisierungen, sondern insbesondere auch für Auswertungen, liefern die Oberflächen- und Geländemodelle wertvolle Informationen. Dazu gehören Hochwassersimulationen, Gewässerplanungen, Auf- und Abtragsberechnungen bis hin zu Echtzeit-Neigungsberechnungen für die Fahrzeugnavigation im Gelände.

Die DGM- und DOM-Daten werden im BIM-Prozess i. d. R. zusammen mit Zwangslinien (Kantenlinien, Bruchkanten) mithilfe einer Delaunay-Triangulation zu optimalen linienhaften Geländemodellen umgewandelt (vgl. Abb. 2.3-11). Dies wird insbesondere bei der Aufteilung von DGM und für die Erstellung von Quer- und Längsprofilen, Massenberechnungen und Interpolation von Höhenlinien erforderlich. DGM bilden die Grundlage für Mengenermittlung und Oberflächenuntersuchungen, z. B. zur Straßenentwässerung im Bereich von Knotenpunkten.

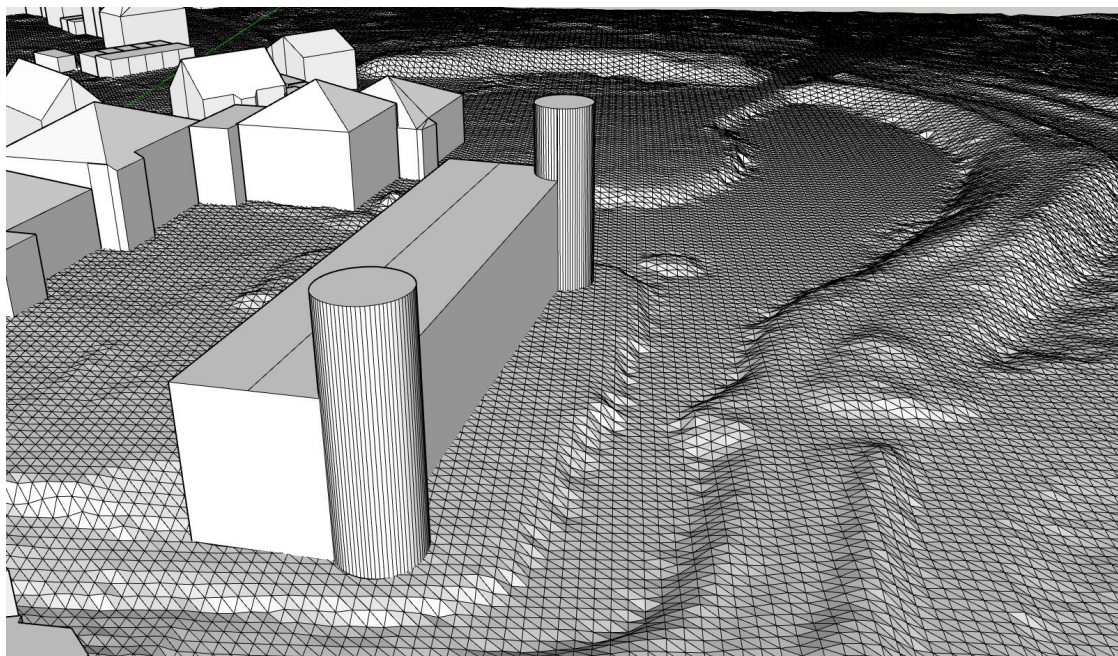


Abb. 2.3-11: Trianguliertes DGM1 im Kreis Recklinghausen.

Digitale Geländemodelle des amtlichen Vermessungswesens können eine gute und wirtschaftliche Grundlage für flächenhafte Vor- und Detailplanungen im Bestand sein. Dabei kommen DGM1 für Einzelobjekte und (zusätzlich) höhere Rasterweiten für Infrastrukturprojekte infrage.

Immer mehr Bundesländer stellen ihre Daten als Open Data flächendeckend zum Download bereit. Im Laufe des Planungsverfahrens werden verschiedene Fortschreibungen der DGM (Bestand, Planungsvarianten) erforderlich, die auch z. B. mittels Drohnenbefliegungen hochaktuell ermittelt werden.

### 3D-Gebäudemodelle

Die 3D-Gebäudemodelle werden von den Vermessungsverwaltungen aus einer Kombination aus dem Liegenschaftskataster und der Geotopographie abgeleitet. Im Wesentlichen sind dies der Gebäudegrundriss aus dem Liegenschaftskataster, Ergebnisse aus photogrammetrischen Bild- und La-

serdaten sowie Höheninformationen (Kummer et al. 2020), die zur Ableitung dreidimensionaler Gebäudemodelle genutzt werden. Wie schon in Abschnitt 2.3.2 beschrieben, sind diese in sogenannte Level of Detail (LOD) unterschieden. Mittlerweile sind sowohl der LOD1- als auch der LOD2-Standard bundesweit verfügbar und können über das Datenformat CityGML bezogen werden. Ein Update der Daten erfolgt jährlich. Die Abbildung 2.3-12 zeigt eine Visualisierung des LOD2-Standards am Beispiel von Koblenz.



Abb. 2.3-12: Visualisierung eines Ausschnitts des LOD2 am Beispiel von Koblenz (<http://www.rheinland-pfalz-in-3d.rlp.de/>).

## Auswahl und Bezug von BIM-relevanten Geofachdaten

Neben den amtlichen Geobasisdaten gibt es mittlerweile vielfältige Geofachdaten zur gemeinsamen Analyse und Visualisierung, die sich auch in BIM-Projekten zur Nutzung eignen, wie zum Beispiel die Bodenrichtwerte, Schutzgebiete und Überschwemmungsgebiete. Viele dieser Daten werden über Geodienste als Visualisierungsdienste oder Downloaddienste angeboten und können im Rahmen der bestehenden Geodateninfrastrukturen (GDI) von Bund, Ländern und Kommunen eingebunden werden. Als Startpunkt für eine Recherche bietet sich hier das Geoportal Deutschland (<https://www.geoportal.de>) an. Einen Einstieg in das Thema GDI findet sich z. B. unter <https://gdi-de.org>.

### 2.3.4 Interoperabilität – Methoden der Integration

Die Integration von Daten aus dem *Building Information Modeling* und dem *Urban Information Modeling*, also die Integration von objektorientierten 3D-CAD und 2D/3D-Geodaten, kann auf unterschiedlichen Stufen erfolgen, die von der Integration der Geometrie und Erscheinung zu Visualisierungszwecken über die Verlinkung von Datensätzen bis hin zur vollständigen Abbildung von Geometrie, Erscheinung und Semantik auf ein Datenmodell der jeweils anderen Domäne reichen.

Am Beispiel der beiden Standards IFC und CityGML werden in diesem Beitrag einige Integrationsansätze beschrieben. Weitere Details können Hijazi & Donaubaue (2017) entnommen werden. Mögliche Integrationsansätze sind:

1. Konvertierung von IFC nach CityGML
2. Konvertierung von CityGML nach IFC
3. Übergeordnetes Datenmodell
4. Verlinkung mittels Referenzen

### Konvertierung von IFC nach CityGML

Die Konvertierung von IFC nach CityGML oder anderen (projektspezifischen) Geodatenmodellen findet meist statt, um geplante Objekte in ihren geographischen Kontext einbetten und analysieren zu können. Dies findet meist in frühen Planungsphasen statt, um Variantenstudien und Wirkungsanalysen zu unterstützen. Die Analysen reichen dabei von 3D-Visualisierungen geplanter Objekte im Bestand bis hin zu komplexeren Simulationen (Lärmberechnungen, Verschattungssimulationen, Überflutungssimulationen, Bauablaufsimulationen unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten). Der geographische Kontext ist durch topographische Daten (Bestandsobjekte aus Themenbereichen der Geobasisdaten wie Gelände, Verkehr, Gewässer, Vegetation) bzw. der Katastersituation aus dem Liegenschaftskataster sowie durch Geofachdaten, z. B. aus der Umweltplanung (Schutzgebiete, Artenschutzkartierungen), gegeben. Soll lediglich eine Visualisierung des geplanten Bauwerks im geographischen Kontext vorgenommen werden, so ist es ausreichend, nur die Geometrie- und Erscheinungsinformationen aus IFC zu extrahieren und in das CityGML-Format zu transformieren. Semantik spielt in diesem Fall nur dann eine Rolle, wenn die Informationen aus der IFC-Datei gefiltert werden, beispielsweise, um nur die Elemente der äußeren Hülle eines Gebäudes nach CityGML zu überführen, nicht jedoch Detailinformationen zur Gebäudekonstruktion, die für die Visualisierung unerheblich sind (z. B. Bewehrungen, Leitungen, Kabel). Im einfachsten Fall können zum Zweck der Visualisierung alle IFC-Klassen als *GenericCityObjects* in CityGML repräsentiert werden. Die derzeit realisierten Schnittstellen sind für den Anwendungsfall „Visualisierung“ ausreichend. Probleme kann es allenfalls durch die weitgehende Verwendung von parametrischen geometrischen Primitiven in BIM und die Beschränkung auf *BoundaryRepresentation*-Geometrien im 3D-GIS geben.

Zum Zweck komplexerer Analysen, die auf dem CityGML-Datenmodell aufsetzen, sowie zur Integration von *as-built*-IFC-Daten zur Fortführung von Bestandsdaten (z. B. zur Aktualisierung GIS-basierter CAFM-Systeme) kann es erforderlich sein, neben der Geometrie auch die Semantik von IFC auf das CityGML-Datenmodell abzubilden. El-Mekawy et al. (2012a) haben dies untersucht und kommen zu dem Schluss, dass es nur wenige Konzepte in beiden Datenmodellen gibt, die 1:1 aufeinander abgebildet werden können und dass nicht alle Konzepte abbildbar sind, sodass es zu Informationsverlusten kommen kann. Nagel et al. (2009) zeigen am Beispiel von Wand-Objekten in IFC bzw. Wandflächenobjekten in CityGML, dass es 1:n-Matchings zwischen IFC und CityGML gibt, die bei einer Transformation aufgelöst werden müssen.

### Konvertierung von CityGML nach IFC

Auch der umgekehrte Weg, also die Integration von CityGML bzw. allgemein von Geodaten in parametrische 3D-CAD-Systeme, kann zur Integration geplanter Bauwerke in den Bestand nützlich sein. Nagel et al. (2009) beschreiben zudem einen Anwendungsfall, bei dem CityGML als Zwischenschritt auf dem Weg von unklassifizierten 3D-Grafikdaten (z. B. aus Punktwolken abgeleitete Flächen) zu einem IFC-Datensatz zum Zweck der Gebäuderekonstruktion verwendet wird. Sollen CityGML-Daten nur zu Visualisierung nach IFC überführt werden, so ist dies problemlos möglich. Probleme kann es allenfalls in der CAD-Software mit großen Koordinatenwerten geben, wie sie typischerweise in Projektionskoordinaten wie UTM oder GK verwendet werden. Die semantische Transformation ist jedoch weit komplexer als bei der Transformation von IFC nach CityGML (vgl. Nagel et al. 2009).

### Übergeordnetes Datenmodell

Um Informationsverluste auszuschließen, wie sie sowohl bei der Konvertierung von IFC nach CityGML als auch bei der Konvertierung von CityGML nach IFC auftreten, kommt als weiterer Integrationsansatz die Konvertierung in ein übergeordnetes Modell infrage. El-Mekawy (2012b) beschreibt mit dem *Unified Building Model (UBM)* ein derartiges Modell, welches eine Obermenge aller Konzepte aus IFC und CityGML enthält. Dieses Modell könnte als Grundlage für eine bidirektionale Transformation zwischen IFC und CityGML dienen, es müssten jedoch zunächst Applikationen entwickelt werden, die das übergeordnete Modell implementieren. De Laet & Van Berlo (2010) beschrei-

ben einen Ansatz für ein übergeordnetes Modell, das durch die Erweiterung einer CityGML-Datenbasis um IFC-relevante Informationen (Objekte und Attribute/Relationen) mittels des ADE-Konzepts (*ADE = Application Domain Extension*) definiert wird. Damit ist es möglich, Daten beider Schemata in einer modellbasierten Datenbank zu speichern und auszuwerten.

### Verlinkung

Ein weiterer Ansatz ist die Informationen in Datenbank-Implementationen beider Datenschemata über gegenseitige Links zu verknüpfen und so eine gemeinsame Auswertung zu ermöglichen. In beiden Standards ist die Möglichkeit zur Referenzierung externer Objekte bereits gegeben. Der Vorteil bei diesem Ansatz ist, dass z. B. keine aufwendigen Transformationen der IFC-Geometrien in *Boundary Representations* mehr stattfinden müssen.

### 2.3.5 Zusammenfassung

Die Konzepte und Modelle von CAD, BIM und GIS basieren auf unterschiedlichen Zielsetzungen und Herangehensweisen zur Erstellung von digitalen Planungs- und Bestandsdaten. Während bei CAD-Systemen das traditionelle Zeichnen von Plänen in Form von Grundrissen, Schnitten und Ansichten nachgebildet werden, werden in einem BIM-System die realen Weltstrukturen in Form von 3D-Realweltobjekten modelliert. Kern der BIM-Modellierung sind demnach nicht die geometrischen Elemente Punkte, Linien und Flächen, sondern Realweltobjekte, wie Gebäude, Wände, Böden, Fenster und Türen. Eine CAD-Zeichnung – ist diese auch dreidimensional erstellt und durch eine Layerstruktur sowie Attribute angereichert – kann nicht durch einen einfachen Formatwechsel in ein regelkonformes BIM-Modell überführt werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Zielstellungen der Anwendungsbereiche von BIM und GIS gibt es in den beiden Domänen wesentliche Unterschiede auf System-, Modell- und Formatebene, welche den Datenaustausch und die Systemintegration erschweren. GIS-Daten und vermessungstechnische Lagepläne stellen jedoch eine wichtige Grundlage für Bauwerks- und Infrastrukturplanungen dar und müssen in einem BIM-System räumlich, semantisch und syntaktisch möglichst verlustfrei und korrekt integriert werden können. Darüber hinaus müssen Vermessungsdaten, wie Absteckkoordinaten, richtig georeferenziert aus dem BIM-System ausgegeben werden können.

Mittlerweile sind die Bedeutung des möglichst verlustfreien Austauschs zwischen den Anwendungsdomänen CAD, BIM und GIS erkannt und es werden Lösungen entwickelt, um die Interoperabilität zwischen den Anwendungsdomänen voranzutreiben.

### Literatur

- Aardeplan (2014): Level of Development. Aardeplan architektur & consulting. <http://www.aardeplan.ch/Vorlesungen.html> (20.06.2017).
- AdV (2021a): AdV-Projekte. <https://www.adv-online.de/AdV-Produkte/> (18.08.2021).
- AdV (2021b): Produktstandard für 3D-Messdaten, Version 1.1. <https://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Geotopographie/Digitale-Gelaendemodelle/binarywriterservlet?imgUid=80320dc8-5a29-8971-d478-d9d43b36c4c2&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111> (18.08.2021).
- BIMForum (2020): Level of Development Specification – For Building Information Models. BIM-Forum. <http://bimforum.org/lod/> (13.08.2021).
- De Laat, R.; van Berlo L. (2010): Integration of BIM and GIS: The Development of the CityGML GeoBIM Extension. Berlin/Heidelberg: Springer.
- EL-Mekawy, M.; Östman, A.; Hijazi, I. (2012a): An evaluation of IFC-CityGML uni-directional conversion. In: International Journal of Advanced Computer Science & Applications, 1 (3), S. 159-171.

- El-Mekawy, M.; Östman, A.; Hijazi, I. (2012b): A unified building model for 3D Urban GIS. In: ISPRS International Journal of Geo-Information, 1 (2), S.120-145.
- Gilbert, T.; Rönsdorf, C.; Plume, J.; Simmons, S.; Nisbet, N.; Gruler, H.-C.; Kolbe, T. H.; van Berlo, L.; Mercer, A. (2020): Built environment data standards and their integration: an analysis of IFC, CityGML and LandInfra. [https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2020/04/Built\\_environment\\_data\\_standards\\_and\\_their\\_integration\\_an\\_analysis\\_of\\_IFC\\_CityGML\\_and\\_LandInfra.pdf](https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2020/04/Built_environment_data_standards_and_their_integration_an_analysis_of_IFC_CityGML_and_LandInfra.pdf) (12.08.2021).
- Grabowski, R. (2010): CAD & BIM – Is There A Free Pass? Bericht von upfront.reSearch. Graphisoft. [https://www.graphisoft.com/ftp/marketing/white\\_papers/GRAPHISOFT\\_White\\_Paper\\_CAD\\_and\\_BIM.pdf](https://www.graphisoft.com/ftp/marketing/white_papers/GRAPHISOFT_White_Paper_CAD_and_BIM.pdf) (20.06.2017).
- Hijazi, I.; Donaubaue, A. (2017): Integration of Building and Urban Information Modeling Opportunities and integration approaches. In: Kolbe, T. H.; Bill, R.; Donaubaue, A. (Hrsg.): Geoinformationssysteme 2017 – Beiträge zur 4. Münchner GI-Runde. Berlin/Offenbach: Wichmann.
- Kaden, R.; Clemen, C. (2017): Applying Geodetic Coordinate Reference Systems in Building Information Modeling (BIM). FIG Working Week 2017, 29. Mai – 2. Juni 2017, Helsinki, Finland.
- Kolbe T. H.; Donaubaue A. (2021): Semantic 3D City Modeling and BIM. In: Shi, W.; Goodchild, M. F.; Batty, M.; Kwan, M. P., Zhang, A. (Hrsg.): Urban Informatics. The Urban Book Series. Singapore: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-8983-6\\_34](https://doi.org/10.1007/978-981-15-8983-6_34).
- Kolbe, T. H.; Plümer, L. (2004): Bridging the GAP between GIS and CAAD. In: GIM International, 7/2014.
- Kolbe, T. H.; Kutzner, T.; Smyth, C. S.; Nagel, C.; Roensdorf, C.; Heazel, C. (2021): OGC City Geography Markup Language (CityGML) Part 1: Conceptual Model Standard. Version 3.0. <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml> (12.08.2021).
- Kummer, K.; Kötter, T., Kutterer, H.; Ostrau, S. (2020): Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen. Berlin/Offenbach: Wichmann. ISBN: 978-87907-676-5.
- Löwner, M.-O.; Gröger, G.; Benner, J.; Biljecki, F.; Nagel, C. (2016): Proposal for a new LOD and multi-representation concept for CityGML. In: Proceedings of the 11th 3D Geoinfo Conference 2016, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. IV-2/W1, 3-12. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W1-3-2016>.
- Nagel, C.; Stadler, A.; Kolbe, T. H. (2009): Conceptual Requirements for the Automatic Reconstruction of Building Information Models from Uninterpreted 3D Models. Proceedings of the Academic Track of the Geoweb 2009 – 3D Cityscapes Conference in Vancouver, Canada, 27 – 31 July 2009 (International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences), ISPRS, 2009.
- Quirk, V. (2012): A Brief History of BIM. Archdaily. <http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim> (20.06.2017).
- VDI 2552 Blatt 4 (Entwurf), Building Information Modeling – Anforderung an den Datenaustausch (Oktober 2018).

## 2.4 BIM in der Ingenieurvermessung

*Beitrag von Ralf Becker, Christian Clemen und Thomas Wunderlich*

Die Ingenieurvermessung ist ein komplexes Aufgabengebiet der Geodäsie (Möser et al. 2012) und „die Disziplin von der Aufnahme, Absteckung und dem Monitoring lokaler und regionaler geometriebezogener Phänomene mit besonderer Berücksichtigung von Qualität, Sensorik und Bezugssystemen“ (Kuhlmann et al. 2013). Die aktuellen methodischen Entwicklungen sind vor allem von der zunehmenden Integration der Messung und Analyse in anspruchsvolle Bau-, Fertigungs- und Überwachungsprozesse gekennzeichnet, sowie vom Übergang auf raumkontinuierliche Verfahren (Kuhlmann et al. 2013). Mit der zunehmenden Einführung von BIM ändern sich damit auch die Aufgaben, Prozesse und Rollen der Ingenieurgeodäsie.

### 2.4.1 Aufgaben der Ingenieurvermessung

Die Vermessungsaufgaben der Ingenieurgeodäsie erstrecken sich über den gesamten Bauwerkslebenszyklus. Neben der Grundlagenermittlung, Planung und Errichtung von Neubauten gehören daher auch die Betriebsphase sowie Umbaumaßnahmen dazu.

Der Bauprozess ist in Deutschland derzeit noch durch die Leistungsphasen der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI 2023), letzte Änderung vom 22.03.2023. Zu den rechtlichen Aspekten sei im Übrigen auf Kapitel 2.5 verwiesen. Nach HOAI 2023 Anlage 1 Nr. 1.4.1 gilt: „Leistungen der Ingenieurvermessung beziehen das Erfassen raumbezogener Daten über Bauwerke und Anlagen, Grundstücke und Topographie, das Erstellen von Plänen, das Übertragen von Planungen in die Örtlichkeit sowie das vermessungstechnische Überwachen der Bauausführung ein, soweit die Leistungen mit besonderen instrumentellen und vermessungstechnischen Verfahrensanforderungen erbracht werden müssen. Ausgenommen von Satz 1 sind Leistungen, die nach landesrechtlichen Vorschriften für Zwecke der Landesvermessung und des Liegenschaftskatasters durchgeführt werden.“

Zu den Vermessungsleistungen gehören damit (lt. Anlage der HOAI):

1. „Planungsbegleitende Vermessungen für die Planung und den Entwurf von Gebäuden, Ingenieurbauwerken, Verkehrsanlagen sowie für Flächenplanungen,
2. die Bauvermessung vor und während der Bauausführung und die abschließende Bestandsdokumentation von Gebäuden, Ingenieurbauwerken und Verkehrsanlagen,
3. sonstige vermessungstechnische Leistungen.“

Zu den planungsbegleitenden Vermessungen gehören insbesondere das Anlegen von Grundlagennetzen und die Georeferenzierung des Bauwerks zur Herstellung des geodätischen Raumbezugs sowie das Zusammentragen aller Grundlagen, sei es aus bestehenden Datenbeständen oder durch örtliche Vermessung, für die Bauplanung. Die Bauvermessung selbst begleitet dann die Bauphase von der Absteckung über die Ausführungs- bis zu Kontroll- und Beweissicherungsvermessungen.

Die Einführung von BIM in der Bauwirtschaft bedingt auch Veränderungen in der Erbringung der vermessungstechnischen Leistungen. Diese müssen mit der zunehmenden Einführung von BIM auf die BIM-Methode abgestimmt sein. Zur Datenmodellierung in CAD bzw. im GIS kommt die bauteilorientierte Modellierung in BIM-Modellen hinzu und löst die klassischen Methoden mindestens teilweise ab. Erforderlich sind deshalb die Beschaffung der einschlägigen BIM-Soft- und -Hardware sowie die Aneignung der notwendigen Kenntnisse für den Umgang und das Arbeiten mit BIM bzw. der BIM-Software.



### 2.4.2 Planungsbegleitende Vermessungen mit BIM

Zu den planungsbegleitenden Vermessungen gehören insbesondere das Anlegen von Grundlagennetzen und die Georeferenzierung zur Herstellung des geodätischen Raumbezugs sowie das Zusammentragen aller Grundlagen, sei es aus bestehenden Datenbeständen oder durch örtliche Vermessung (z. B. Erstellung von Lageplänen), für die Bauplanung.

#### **Anlegen von Grundlagennetzen und Georeferenzierung, Geodätischer Raumbezug**

Das Anlegen und Einmessen von Vermessungsfestpunkten (Baulagenetz/Höhenfestpunkte) auf dem Baugrund ist eine Grundlage für die weiteren Vermessungsarbeiten und dient zur Definition des Bezugssystems, d. h. der einheitlichen örtlichen oder überörtlichen Georeferenzierung der Messergebnisse (z. B. Punktkoordinaten). Bereits hier ist es unumgänglich, sich mit den möglicherweise unterschiedlichen Koordinatenreferenzsystemen zu beschäftigen, die während der Bauphase zur Anwendung kommen, seien es lokale Baustellkoordinatensystem oder überörtliche landesweit gültige Raumbezugssystemen (siehe hierzu auch Kapitel 2.1). Bei der Übergabe von Koordinaten müssen, wie bisher, die Bezugssysteme mit angegeben bzw. eine Einigung erzielt werden, in welchen Bezugssystemen Koordinaten auszutauschen sind. Der Datenaustausch und die Übertragung der Georeferenzierung können in proprietären Formaten der einzelnen Software bzw. Softwarehersteller erfolgen. Spätestens bei der kollaborativen Arbeit unterschiedlicher Gewerke wird jedoch unterschiedliche Software zum Einsatz kommen. Um auch dann einen interoperablen Datenaustausch zu ermöglichen, ist die Verwendung offener Standards, wie die IFC (siehe auch Kapitel 2.7.2), sinnvoll.

#### **Entwurfsvermessung und Grundlagenermittlung, Bauplanung und Bauvorbereitung**

In der Grundlagenermittlung werden das zu bebauende Gelände bzw. die Geländebeziehungen inklusive aller planungsrelevanten Gegebenheiten erfasst. Es werden beispielsweise Lage- und Höhenpläne abgeleitet, auf deren Basis die Planung (Festlegung des Sollzustands) erfolgen kann.

Alle planungsrelevanten Gegebenheiten, wie das topographische/morphologische Gelände, Kanäle, Leitungen, Kabeln und unterirdischen Bauwerken, das Liegenschaftskataster, öffentlich-rechtliche Festsetzungen, sind entweder aus vorhandenen Datenbeständen zu übernehmen oder in der Örtlichkeit neu zu erfassen. Während bei entsprechender Definition des Grundlagennetzes neu in der Örtlichkeit zu erfassende Gegebenheiten unmittelbar im Projektkoordinatensystem vorliegen, sind übernommene Daten in der Regel in das Projektkoordinatensystem zu transformieren. Ggf. kann es aber auch sinnvoll sein, wenn die Planung im Koordinatenreferenzsystem der Drittdaten vorliegt. Dies gilt z. B. bei der Einbettung insbesondere großräumiger Planung (z. B. Straße, Eisenbahn) in weiträumigere Umgebungen wie die Landnutzung oder die Geländemorphologie. Dies führt zur Notwendigkeit der Verknüpfung von BIM- und GIS-Anwendungen. Dazu mehr im nachfolgenden Abschnitt „Verknüpfung von BIM und GIS“.

Zur Grundlagenermittlung, Bauplanung und Bauvorbereitung gehören aber auch Arbeiten und Produkte, die Eingang in öffentliche Verzeichnisse und Genehmigungsanträge finden, wie die Grenzfestlegung von Baugebieten, Grenzen für den öffentlichen Verkehrsraum aus der Tiefbauplanung (Straßen, Leitungen, Versorgungseinrichtungen), Parzellierung (Festlegung der Grundstücksgrenzen), Bodenordnungsverfahren, Teilungsgenehmigung und Baulasten, (Amtlicher) Lageplan und Abstandsflächenberechnung, Nachweis der baulichen Nutzung (GRZ, GFZ, BMZ) (Möser et al. 2012). Während diese Arbeiten bisher vielfach in CAD-nahen Systemen erfolgte, ist auch hier damit zu rechnen, dass sie künftig im dreidimensionalen Raum des BIM ausgeführt werden. Gerade für die auch auf der dritten Dimension gründenden Werte wie Abstandsflächen, GFZ, BMZ und in der Folge die Parzellierung kann die dreidimensionale Ausrichtung von BIM wertvoll sein. Erste Untersuchungen zum BIM-basierten Bauantrag unter Nutzung von XPlanung finden z. B. in der Stadt Hamburg statt (Tulke 2018).

Schlussendlich wird der Vermessungsingenieur künftig gefordert sein, diese Arbeiten und Festlegungen in der dreidimensionalen BIM-Welt durchzuführen. In welcher Form am Ende der Nachweis gegenüber der Genehmigungsbehörde zu erfolgen hat – sei es als digitales BIM-Modell oder als konventioneller 2D-Plan –, wird von der Genehmigungsbehörde festgelegt. Ziel eines kollaborativen BIM muss es sein, dass die Genehmigungsbehörde auf den ihr frei gegebenen Teil des digitalen BIM-Datenbestands zugreift. Bis dahin wird allerdings die Generierung eines konventionellen 2D-Plans aus dem BIM erforderlich sein, um ggf. entsprechende Anforderungen der Genehmigungsbehörde zu erfüllen.

### **Einbinden von Daten Dritter**

Der Neubau muss in die bestehende Landschaft und Grundstücksstruktur, aber ggf. auch in die bestehende Bebauung eingebettet werden. Hier bedarf es der Überführung bzw. Anbindung vorhandener Geobasisdaten aus Beständen Dritter (z. B. der Daten des Liegenschaftskatasters in Form der Grundstücksstruktur und der Grundrisse vorhandener Gebäude oder der Landesvermessung in Form von Digitalen Geländemodellen (DGM), Luftbilddaten und Volumenmodellen vorhandener Gebäude) bzw. seitens der Vermessung selbst erfasster Daten in bzw. an das BIM. Während die Verantwortlichkeit für die Erfassung dieser Daten Dritter eben beim Dritten liegt, trägt der Geodät die Verantwortung für die korrekte Übertragung in bzw. Anbindung an das BIM. Da bei Daten wie dem DGM, aber auch den Gebäudedaten, immer der Zustand zum Zeitpunkt der Aufnahme dokumentiert ist, obliegt es der Geodäsie regelmäßig, die Übereinstimmung mit der Örtlichkeit, d. h. die Aktualität, zu prüfen, und ggf. die Daten zu korrigieren. Außerdem gilt es, die Datengrundlage um nicht vorhandene Daten zu ergänzen, sei es, dass die Daten lückenhaft sind, oder aber die benötigte Art von Daten gar nicht und/oder nicht im gewünschten Detaillierungsgrad zur Verfügung stehen. Oftmals liegen Daten auch lediglich in CAD-Datenformaten oder analog vor. Letzteres gilt insbesondere für das Bauen im Bestand.

### **Aufmaß/Bestandserfassung für BIM**

BIM wird derzeit vor allem als zentrale Methode für die digitale Planung eines Bauwerks verstanden. Für die Neuplanung werden die Objektinstanzen durch Auswahl aus den Bauteilbibliotheken unter Hinzufügen der spezifischen beschreibenden (ggf. anhand von Enumeratorsätzen), relationalen und geometrischen Information gebildet. Vielfach sind jedoch auch Bestandsbauten Gegenstand der Planung („Bauen im Bestand“) und müssen daher für die Anwendung von BIM zunächst erfasst werden („as-is-Dokumentation“).

Wesentlicher Aspekt der Bestandserfassung und für den Vermessungsingenieur als Auftragnehmer/in ist, welche Informationen in welcher Detailliertheit zu erfassen sind. Geometrisch heißt dies nicht nur, in welcher Genauigkeit, sondern vielmehr auch welche Objektklassen zu erfassen sind. Dies sind klassische Fragen der Geodäsie an den Auftraggeber, der seinen Informationsbedarf beschreiben muss. Neben den bestehenden Fertigstellungsgraden (LOD) wird derzeit eine europaeinheitliche Begrifflichkeit hierzu in Form der „Level of Information Need (LOIN)“ erarbeitet (vgl. Kap. 2.1.3). Was bedeutet LOI – sei es basierend auf LOD oder LOIN – für die BIM-gerechten Bestandsdokumentation, die durch Geodäten erstellt wird? Die wesentliche Schwierigkeit ist, dass die Vielseitigkeit der Merkmale (des bestehenden Bauwerks) nicht von Angehörigen einer einzigen Fachdisziplin erfasst werden können. Es muss deswegen genau vereinbart werden, welche semantischen Daten (Attribute) von welcher Fachdisziplin in das Bauwerksmodell eingepflegt werden. Geodäten liefern in erster Linie die präzise und bauteilstrukturierte geometrische Modellgrundlage. Beispielhaft sei hier das sogenannte As-built- bzw. As-is-Modell oder ein Fachmodell (Geodätischer) Lageplan genannt. Die geometrische Modellgrundlage bildet den Kern der Informationsinfrastruktur der weiteren Planung, Bauausführung und Bewirtschaftung, dem projektbezogen interdisziplinären Teams zusätzliche Informationen (Baugrund, Tragwerk, Technische Anlagen, Bauphysik, FM etc.) hinzufügen.

### Genauigkeitsgrad/Level of Accuracy

Die LOD bzw. LOIN-Spezifikationen sind jedoch entsprechend des Planungsgedankens auf eine fehlerfreie und vollständige Informationsmodellierung ausgelegt. Im Fall der Modellierung aus einem Bestandsaufmaß heraus ist das Modell jedoch mit der begrenzten Messgenauigkeit des verwendeten Messverfahrens behaftet. Hinzu kommen Generalisierungen bei der Modellierung, um Abweichungen der tatsächlichen Geometrie von der idealen Form der Bauelemente (z. B. ebene Oberflächen) auszugleichen. Nur bei Kenntnis der Genauigkeit aus Aufmaß und ggf. Modellierung können z. B. bei einem Vergleich zwischen *as-built*- bzw. *as-is*- und *as-planned*-Modellen belastbare Aussagen zur Übereinstimmung oder zu Abweichungen getroffen werden. Jedes Bauelement eines BIM-Modells, das durch Aufmaß entwickelt wurde, sollte daher im Gegensatz zum Planungsmodell Angaben zur Genauigkeit besitzen.

Für den Grad der Genauigkeit oder Englisch *Level of Accuracy* (LOA) wurde für das Bauwesen vom U. S. INSTITUTE OF BUILDING DOCUMENTATION der *USIBD Level of Accuracy Specification Guide* herausgegeben (USIBD 2019, Tabelle 2.4-1). Die Angaben zur Genauigkeit basieren auf der in der Geodäsie bekannten Standardabweichung. Es wurden fünf Klassen (Level; LOA) gebildet, die mit den Klassifizierungen für die Messgenauigkeit in der deutschen Norm DIN18710-Ingenieurvermessung (Tabelle 2.4-2) übereinstimmen. Dabei ist zwischen der Genauigkeit beim Aufmaß (Messgenauigkeit) und bei der Modellierung (Modellierungsgenauigkeit) zu unterscheiden. Die Anforderungen sind bei der Beauftragung getrennt voneinander und bezogen auf die einzelnen Bauteilklassen zu vereinbaren.

Level	Upper Range	Lower Range
UDLOA	User Defined	User Defined
LOA10	15 cm*	5 cm*
LOA20	5 cm*	15 mm*
LOA30	15 mm*	5 mm*
LOA40	5 mm*	1 mm*
LOA50	1 mm *	0*

Tab. 2.4-1: Level of Accuracy; (\*) Specified at the 95 percent level (Quelle: USIBD 2019).

Klasse	Standardabweichung $\sigma_L$ bei Lagevermessungen	Bemerkung
L1	$50 \text{ mm} < \sigma_L$	sehr geringe Genauigkeit
L2	$15 \text{ mm} < \sigma_L < 50 \text{ mm}$	geringe Genauigkeit
L3	$5 \text{ mm} < \sigma_L < 15 \text{ mm}$	mittlere Genauigkeit
L4	$1 \text{ mm} < \sigma_L < 5 \text{ mm}$	hohe Genauigkeit
L5	$\sigma_L < 1 \text{ mm}$	sehr hohe Genauigkeit

Tab. 2.4-2: Klassifizierung der Messgenauigkeit bei Lagevermessungen nach der DIN18710-Ingenieurvermessung.

Die Spezifikation der Informationstiefe mithilfe der auf die Fertigstellungsgrade aus der Neuplanung abgestimmten Abstufungen der LOD ist für die Bestanderfassung jedoch mitunter nicht optimal. So ist die Modellierung nicht sichtbarer Elemente aus dem geodätischen Aufmaß in der Regel nicht möglich und die Anforderungen an die As-is-Modellierung zudem stark vom Anwendungsfall abhängig. Für BIM im Bestand könnte daher ein separates Schema der Level of As-is-Dokumentation (LOAD) unter Berücksichtigung der LOA eine sinnvolle Weiterentwicklung darstellen (Wollenberg 2018, Becker et al. 2019).

### Aufmaßmethoden

Das Erzeugen digitaler *As-is*-Modelle kann grundsätzlich durch eine originäre oder sekundäre Datenerfassung erfolgen. Im letztgenannten Fall können existierende Pläne, Listen und Verzeichnisse als Grundlagendaten für BIM verwendet werden. Aufgrund der für BIM benötigten hohen Aktualität und Informationstiefe – Letzteres schließt auch die dreidimensionale Geometrie ein – kann die Bestandsdatenerfassung jedoch häufig nur originär, d. h. durch eine neue oder ergänzende Datenerfassung vor Ort erfolgen. Für die Erfassung der Geometrie und Semantik können dazu in erster Linie vermessungstechnische Aufmaßverfahren eingesetzt werden (vgl. z. B. Blankenbach 2015, Blankenbach 2016). Dazu gehören einerseits die Einzelpunkt-basierenden Verfahren des elektronischen Handaufmaßes und der Tachymetrie sowie andererseits die flächenhafte Datenerfassung mittels Photogrammetrie und/oder Laserscanning. Entscheidend bei der Datenerfassung für BIM ist jedoch, dass die verwendete Messmethodik

1. zielgerichtet auf den Zweck und das Datenmodell abgestimmt ist,
2. die Messwerte mit hohem Automatisierungsgrad direkt in die Modellgeometrie des BIM überführt werden können und
3. möglichst viel semantische Information miterfasst wird.

Die Methoden zur flächenhaften Datenerfassung – insbesondere 3D-Laserscanning (Abbildung 2.4-1) – bieten den Vorteil einer vollständigen und sehr detaillierten 3D-Datenerfassung in kürzester Zeit und erscheinen daher als eine gut geeignete Erfassungsmethode für BIM (vgl. u. a. Clemen & Ehrich 2014 und Soft-/Hardwareprodukte in Kapitel 5). Dies ist z. B. in zeitlich nur begrenzt zugänglichen Bereichen oder bei stark strukturierten Bauwerken von Vorteil. Die Modellierung in die Klassen des Modells erfolgt jedoch im *Post-Processing* und mit – in der Regel – hohem manuellem Aufwand. Methoden zur Erhöhung des Automatisierungsgrads sind seit Jahren Bestandteil von Forschung und Entwicklung (z. B. Martens & Blankenbach 2019) und auch in BIM-Modellierungssoftware integriert (z. B. PHIDIAS, FARO As-Built™, vgl. Kapitel 5.1.14, **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

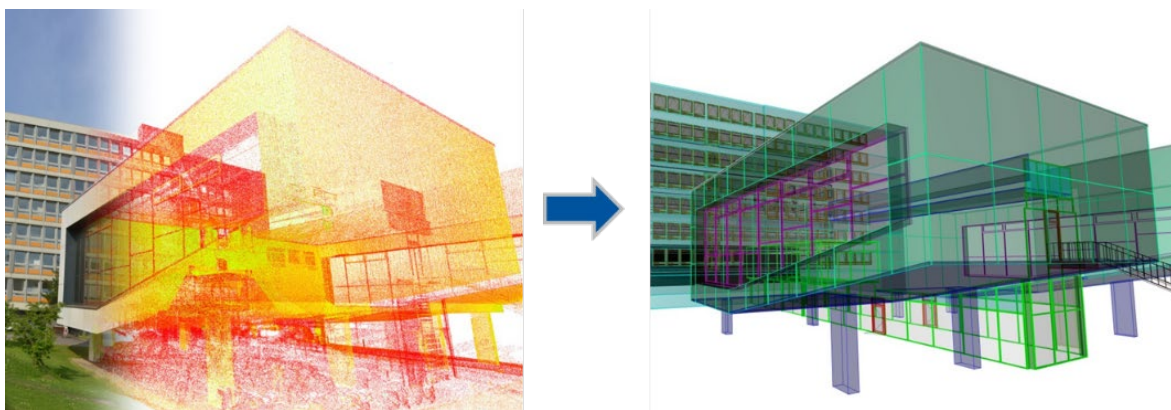


Abb. 2.4-1: Flächenhafte Datenerfassung und Modellierung.

Dabei muss nicht die Messmethodik, die am schnellsten die meisten Rohdaten liefert, die effizienteste Methodik für die BIM-Bestandsdatenerfassung sein. Idealerweise erfolgt die Geometriebildung bereits während des Aufmaßes und mit direkter Zuordnung zu den anhand der Bauteilbibliotheken gebildeten Instanzen bei gleichzeitiger Erfassung der Semantik. Einzelpunkt-basierende Verfahren benötigen durch die Diskretisierung der Objektgeometrie einen deutlichen höheren Zeitaufwand bei der Datenerfassung, haben im Zusammenhang mit BIM jedoch den Vorteil, die Bauteilbildung – bestenfalls ohne Nachbearbeitung – vor Ort vornehmen zu können. Blut & Görtz (2015) zeigen bspw. ein tachymetrisches Erfassungsverfahren, bei dem mit minimaler Anzahl von Messpunkten unmittelbar ein BIM-Modell erstellt werden kann (Abbildung 2.4-2). Auch vereinzelte Softwareprodukte für das tachymetrische Aufmaß für BIM sind inzwischen am Markt vorhanden (siehe Kapitel 5.1).



Abb. 2.4-2: Prinzip der Einzelpunkt-basierten Erfassung und Modellierung für BIM.

Bei der Modellierung in BIM wird regelmäßig über Regelkörper generalisiert. Dies gilt gleichermaßen beim Einzelpunkt-basierten wie auch beim flächenhaften Aufmaß. Dies ist durchaus gewollt und für viele Planungsprozesse im Fall von Umbauten bzw. für Anwendungen in Betrieb und Unterhaltung des Bauwerks auch ausreichend.

BIM-Software kann nur sehr eingeschränkt mit Abweichungen zur Regelgeometrie der Bauteile (z. B. unregelmäßige Form) umgehen. Das verformungsgerechte Aufmaß kann daher derzeit nur im Sinne der Baukontrolle, d. h. dem Abgleich des tatsächlich Gebauten gegen die Planung im BIM, erfolgen (z. B. Scan vs. BIM, Thurner & Wunderlich 2015, vgl. Abschnitt 2.5.3).

#### **Einheitliche Merkmale und Produktdatentemplates (PDT)**

Die IFC können kein Universalmodell für alle Aspekte des Bauwesens sein. Erstens haben die IFC eine eingeschränkte Semantik (Entitys, definierte Properties, generische aber uneinheitliche Properties) und zweitens können die IFC nicht zur Formulierung von Anforderungen an Produktinformationen eingesetzt werden. Wie in Clemen (2019) beschrieben, wird derzeit durch buildingSmart und CEN/TC 442/WG04 ein Framework für eine eindeutige Bezeichnung von Merkmalen (bsDD, buildingSmart Data Dictionary) und Produktdaten Templates (PDT) entwickelt. Ziel des Frameworks ist die Maschinenlesbarkeit von Produktdaten im Bauwesen für objektstrukturierte Angebote, Ausschreibungen und Vergaben. Dieses wird durch die Verwendung derselben Datenstruktur, Terminologie und weltweit eindeutiger Kennungen von einzelnen Bauprodukten erreicht. Die PDT könnten

zukünftig von Bauprodukthersteller als „leeres Formular“ verwendet werden, um ihre Produktdatenblätter (PDS, product data sheet) mit den Werten ihrer Produkte auszufüllen. Gleichzeitig kann der Informationsbesteller die ausgefüllten PDS gegen die PDTs validieren. Über die genaue Systemarchitektur zur Etablierung der Kataloge, deren Systemarchitektur und nationalen Umsetzung wird derzeit diskutiert.

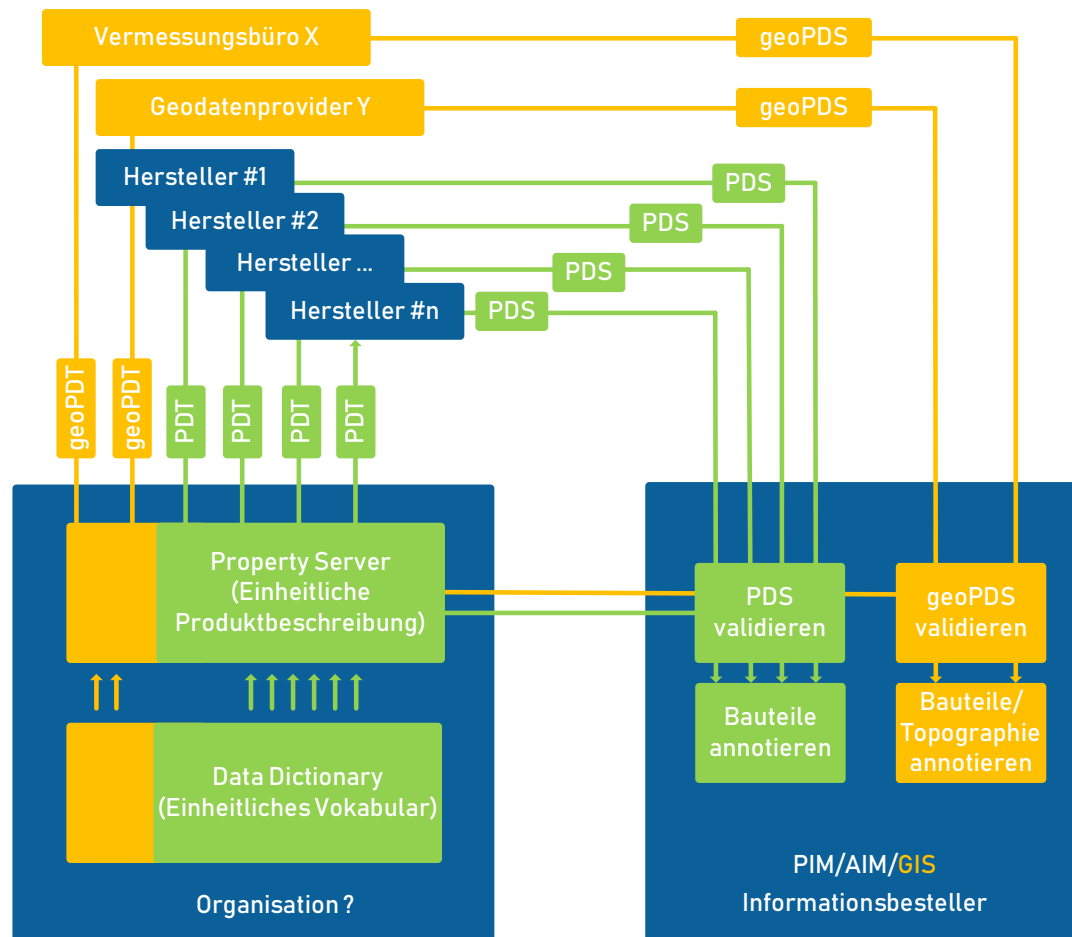


Abb. 2.4-3: Produktdaten Templates (PDT) für die einheitliche Beschreibung von Bauprodukten (grün) und geodätischen Produkten (orange) (Clemen 2019).

Welche Bedeutung hat diese Systemarchitektur für Geodäten? Im Unterschied zu Bauproduktherstellern liefern Geodäten keinen körperlichen Gegenstand, der jetzt für die BIM-Methode maschinenlesbar beschrieben werden muss, sondern sie liefern seit jeher deskriptive Informationen der gebauten Umwelt, wie Geländemodell, Lage- und Höhenplan oder 3D-Modell. Für die projektbezogene Ausprägung der Sachdaten (Klassifizierung, Attributierung, Strukturierung) könnte die Systemarchitektur der PDT verwendet werden, um die Vorteile der verteilten, maschinenlesbaren Templates für die Bestellung und Validierung geodätischer Produkte zu verwenden.

### Verknüpfung von BIM und GIS

Zu unterscheiden ist zwischen den bereits erwähnten Formen der Verknüpfung der Daten entweder durch Integration der Daten direkt in die Modellierungsstruktur und das Datenmodell des BIM entweder bereits während der Erfassung durch den Geodäten auf der Grundlage gemessener Rohdaten oder durch Überführung aus einer Datenhaltung in zum BIM differente Systemen. Bei diesen Methoden liegen die Daten schlussendlich in der BIM-Modellierung vor (siehe Kapitel 2.7). Bei direkter

Anbindung der BIM-Software können die BIM-Objekte inklusive Semantik bereits während der Datenerfassung oder auf Basis der Rohdaten modelliert werden. Andernfalls bedarf es Austauschformaten bzw. Datenschnittstellen zwischen den unterschiedlichen Systemen. Solche liegen sowohl in der GIS-Welt (Shape, CityGML etc.) als auch im BIM (z. B. IFC) für den gegenseitigen Austausch vor. Mit der zunehmenden Verwendung von BIM im Bauwesen sollten die Daten, sofern sie denn direkt in das BIM integriert werden sollen, seitens der Geodäsie idealerweise in BIM-Formaten (z. B. IFC) anstelle der CAD-Formate (z. B. DXF) geliefert werden. Dies bedingt wiederum die Möglichkeit der Ausgabe in BIM-Formaten (z. B. IFC) bei der klassischen geodätischen Modellierungs- bzw. Datenhaltungssoftware.

Insbesondere für flächenhafte Daten wie das DGM ist das Datenmodell des BIM bisher nicht geeignet, sodass oftmals in – für derartige Daten optimierten – klassischen Geoinformationssystemen gearbeitet wird, an die dann das BIM in der Art angebunden wird, dass die relevanten Objekte des BIM in geeigneter Ausprägung in das GIS überführt oder zur Darstellung und Auswertung angebunden werden.

Bezüglich der Möglichkeiten und Erfordernisse der Interoperabilität von BIM und GIS wird an dieser Stelle auf das Kapitel 2.3 verwiesen.

### **Plangenerierung, Visualisierung und Auswertungen aus BIM**

Bis zur allumfänglichen Einführung von BIM in allen Bereichen von Verwaltung und Wirtschaft muss die Methode BIM gewährleisten, dass digitale Pläne, sei es für den Grundriss wie auch für den Aufriss, durch die BIM-Software aus dem 3D-Modell erzeugt werden können. Der klassische amtliche Lageplan zum Baugesuch als Aufgabe des öffentlich bestellten Vermessungsingenieurs fällt darunter. Die Funktionalitäten für diese Aufgaben werden in die sich entwickelnde BIM-Software integriert werden oder aber die relevanten Objekte müssen jeweils aktuell aus dem BIM in die entsprechende GIS-Software überführt werden. Dies hängt sicherlich auch stark von der Notwendigkeit der Integration bisher eher für BIM-Software nicht geeigneter Daten, wie der Grundstücksstruktur und von Digitalen Geländemodellen, ab.

Auch bei dem weiten Feld der Interpretation und der Verarbeitung von Geobasisdaten, wie Volumenermittlungen, Mengenermittlungen oder Überflutungssimulationen, hängt die Verwendung der geeigneten Software stark von den für die Berechnung erforderlichen Daten ab. Bilden die Grundlage z. B. ausschließlich die Daten des Gebäudes (z. B. die Berechnung des umbauten Raums), wird die Berechnung direkt in der BIM-Software erfolgen. Handelt es sich jedoch um Daten, wie das DGM (z. B. bei der Abstandsflächenberechnung nach der Bauordnung, der Volumenberechnung des Erdaushubs oder gar der Simulation von Überflutungsszenarien), werden die Gebäudedaten des BIM eher an die klassische GIS-Software angebunden bzw. überführt werden. Gleiches gilt für die Planung der Parzellierung der künftigen Grundstücksstruktur eines überplanten Bereichs.

### **2.4.3 Baubegleitende Vermessung mit BIM**

Die Bauvermessung selbst begleitet dann die Bauphase selbst von der Absteckung über die Ausführungs- bis zu Kontroll- und Beweissicherungsvermessungen. Bei den verschiedenen Vermessungsarbeiten während der Bauphase geht es insbesondere um das unmittelbare Zusammenspiel und den reibungsfreien und durchgängigen Workflow zwischen Planungsdaten, dem BIM und der Örtlichkeit.

#### **Absteckung/Ausführungsvermessung**

Bei der Absteckung ist es in der Konsequenz zukünftig erforderlich, einen automatisierten Datenfluss aus dem BIM-Modell bis zur tatsächlichen Absteckung mit dem Vermessungsinstrument (z. B. der Totalstation) herzustellen (modellbasierte Absteckung). Dazu können die Absteckelemente oder die

abzusteckenden Punkte mit ihren Koordinaten direkt in der BIM-Software generiert und auf das Vermessungsinstrument übertragen werden. Alternativ wird ein Auszug des BIM-Modells in proprietärem oder offenem Format auf das Vermessungsinstrument portiert, um mit auf dem Vermessungsinstrument bzw. Bedienelement installierter Software die Absteckeelemente zu erzeugen (siehe Kapitel 5.1). Mit der detaillierteren Modellierung der Bauelemente wird die Absteckung sich zunehmend dahin bewegen, dass nicht nur das äußere Schnurgerüst und ggf. die Bauachsen und einzelne Höhen, sondern dass immer öfter die einzelnen Bauelemente selbst am Bau abgesteckt werden (was bei komplexen Bauprojekten auch bisher bereits üblich war). Seitens der Instrumenten- und Softwarehersteller sind unter dem Begriff „*BIM-to-field*“ bereits erste Lösungen auf dem Markt (siehe Kapitel 5.1).

Für die Absteckung relevant ist der geometrische Anteil der Objekte im BIM. Gleichwohl können die abzusteckenden Objekte aufgrund der Klassifizierung und Semantik (beschreibende Attribute) für die Absteckung ausgewählt werden. Die beschreibenden Attribute können auch weitere Informationen, beispielsweise einzuhaltende Toleranzen, enthalten.

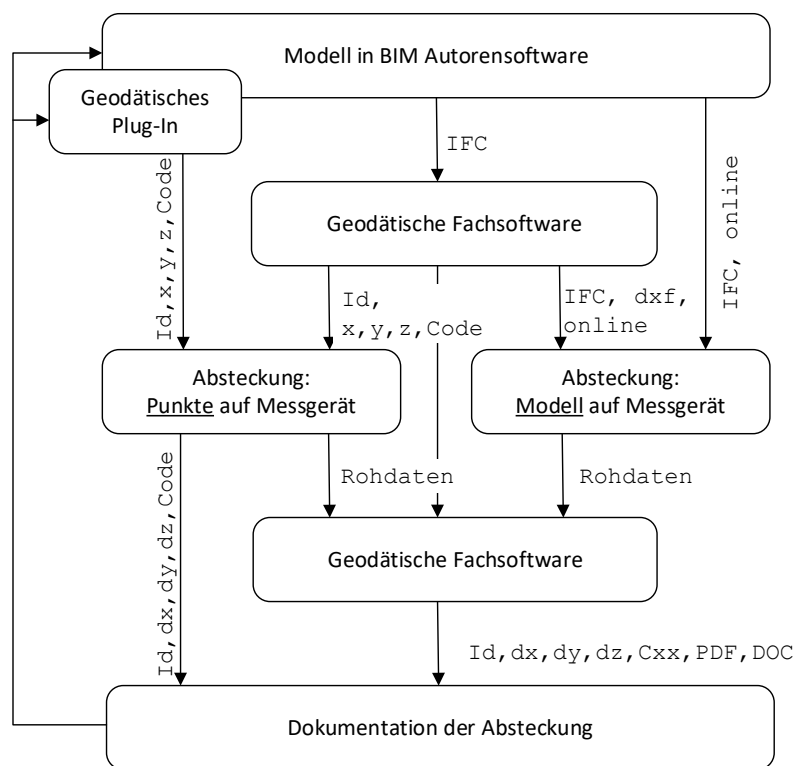


Abb. 2.4-4: Prinzipskizze der möglichen BIM-basierten Absteckung.

Von entscheidender Bedeutung sind die im BIM gewählten und in der Örtlichkeit zur Verfügung stehenden Bezugssysteme zur Georeferenzierung (siehe auch Kapitel 2.1). Bei großen, aber örtlich begrenzten Bauprojekten ist die Wahl eines verzerrungsfreien, örtlichen kartesischen Bauwerkskoordinatensystems (vgl. Kapitel 2.1) üblich, das zudem vor Baubeginn in der Örtlichkeit durch ein entsprechendes Festpunktfeld realisiert wird. Auf dieses kann bei allen Absteckungsarbeiten Bezug genommen werden. Es wird dann im BIM im Maßstab 1:1 geplant und mit Bezug auf das Festpunktfeld im Bauwerkskoordinatensystem ohne Abbildungskorrekturen (aber ggf. unter Berücksichtigung weiterer vermessungstechnischer Korrekturen, wie die Erdkrümmung) werden die Maße in die Örtlichkeit übertragen.



Komplexer wird es, wenn die Planung im BIM (z. B. bei lang gestreckten oder großräumigen Anlagen) wegen der Verwendung umfangreicher Daten aus einem überörtlichen Koordinatenreferenzsystem oder zur Vermeidung von Anschlussdifferenzen zu Nachbargebieten in einem überörtlichen Koordinatenreferenzsystem (z. B. ETRS89/UTMxx) erfolgt ist oder Maße zur Absteckung in ein überörtliches Koordinatensystem (z. B. das Landeskoordinatensystem) übertragen werden müssen. Die auftretenden Korrekturen muss der Geodät bei der Absteckung anbringen. Verwendet man daher bei der Planung im BIM ein geodätisches Bezugssystem, so entsprechen die Maße im BIM nicht der Realität in der Örtlichkeit. Man plant also in diesem Fall mit einem Maßstabsfaktor ungleich 1.

Neben der mathematisch korrekten Durchführung der Absteckung haben organisatorische Aspekte, Prozessintegration und Dokumentation der Absteckung in BIM eine zentrale Bedeutung. Der Vermessungsingenieur braucht Zugriff auf die gemeinsame Datenumgebung (vgl. Kapitel 2.1.4), damit die Absteckung mit aktuellen und freigegebenen Planungen durchgeführt wird. Nach der Absteckung werden die durch die Software generierten und durch den Vermessungsingenieur bearbeiteten Absteckungsprotokolle allen Projektbeteiligten in der gemeinsamen Datenumgebung zur Verfügung gestellt werden.

### **Baukontrolle/Kontrollvermessung/Beweissicherungsvermessung**

Ausführungs- und Kontrollvermessungen dienen bei der Errichtung eines Bauwerks oder einzelner Teile dem Nachweis, ob der Bau gemäß der Planung erfolgt ist bzw. ob Planvorgaben eingehalten werden, um ggf. (zeitnah) nachbessern zu können. Die vermessungstechnische Erfassung von Abweichungen dient der Beweissicherung bzw. der Dokumentation von Mängeln.

Mit den Ergebnissen der Vermessung zur Bauüberwachung bis hin zum verformungsgerechten Aufmaß lässt sich die Bauausführung korrigieren oder aber das Modell im BIM an die tatsächliche Bauausführung (as-built) anpassen bzw. im besten Fall im BIM die Zustandsaussage „Planung“ in „Ist-Zustand“ ändern, um damit das BIM für die Lebenszyklusphase „Betrieb“ des Bauwerks zu ertüchtigen.

Das Aufmaß kann in Form von Einzelpunktmessungen mit dem Tachymeter oder der Massenpunktaufnahme mit dem Laserscanner (Abbildung 2.4-5) oder der Photogrammetrie, sei es terrestrisch oder auch luftgestützt unter Verwendung von Drohnen, erfolgen. Wichtig und zukunftsweisend ist auch hier die direkte Anbindung der Software der vermessungstechnischen Hardware an das BIM-Modell.

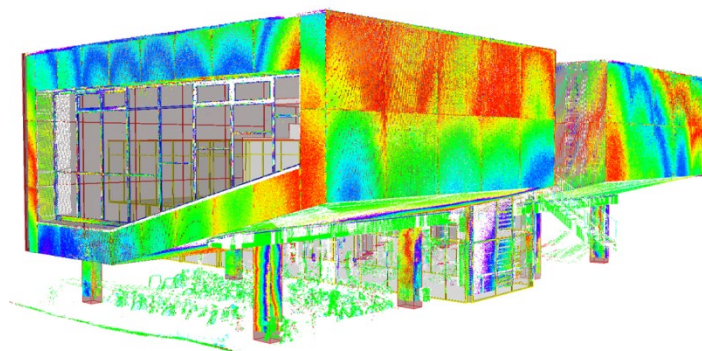


Abb. 2.4-5: Vergleich einer TLS-Punktwolke mit einem as-planned Modell.

Bei der Baukontrolle durch das verformungsgerechte Aufmaß sind Toleranzen oder zulässige Abweichungen von der Planung, also vom Modell, zu beachten. Diese sollten dem/r auftragnehmenden Geodäten/in vorgegeben sein, und sei es, ausschließlich um die Genauigkeit des Messverfahrens

auf die geforderten Toleranzen abzustimmen. Als Grundlage einer Festlegung kann auch hier das geometrische Maß der Genauigkeit (vgl. Kapitel 2.4.2) dienen.

#### 2.4.4 Betrieb und Unterhaltung

BIM ist eine digitale Planungsmethodik über den gesamten Lebenszyklus hinweg, d. h. auch bei Umbauten und Ertüchtigungen, bei Wartungen und im Facility Management. Dies kann nur gelingen, wenn im BIM aktuelle Daten vorliegen. Das bedingt, dass nach Fertigstellung des Bauwerks nicht der Einfachheit halber das *as-planned* BIM-Modell für den Betrieb weiter genutzt wird, sondern das Bauwerk für die Betriebsphase in seinem Ist-Zustand (*as-built*) im BIM übergeben, andernfalls neu aufgemessen und modelliert und während der Betriebsphase ständig aktuell gehalten (*as-is*) vorliegt.

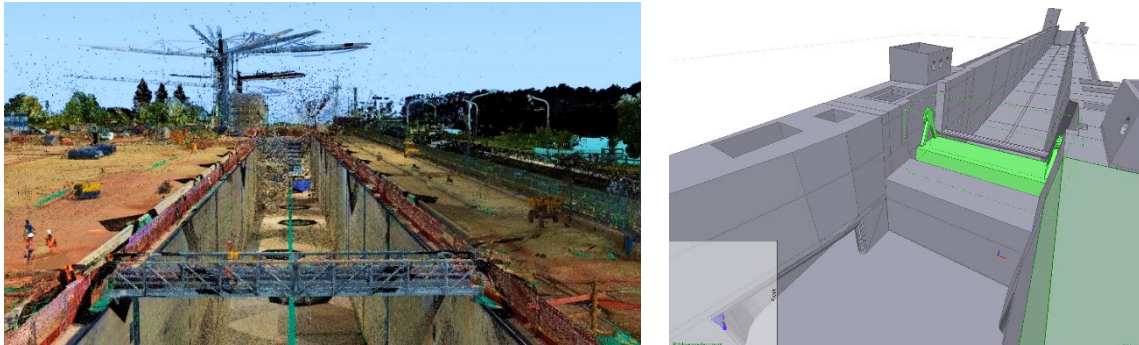


Abb. 2.4-6: Neue Schleuse Trier: Drohnen- und Laserscanneraufmaß (links), As-is-Modell (rechts).

Bei Umbauten tritt der bereits in den Vorabschnitten beschriebene Planungs- und Bauprozess ein. Dabei ist – sofern nicht bereits aktuell im BIM dokumentiert und fortgeführt – ein wesentlicher Teil das Aufmaß und die Modellierung des Bestandsbauwerks im BIM als Planungsgrundlage. Hier kann es die Aufgabe des Geodäten sein, das Bauwerk im BIM – wie er es bereits im Liegenschaftskataster vollzieht – mindestens in der geometrischen Komponente ständig aktuell zu halten, damit es einerseits für künftige Umbauten, aber auch für den BIM-basierten Betrieb und das Facility Management, ständig aktuell zur Verfügung steht.

#### 2.4.5 Neue Aufgabenfelder für den Vermessungsingenieur?

Am Lebenszyklus des Bauwerks nehmen verschiedene Fachdisziplinen mit den unterschiedlichsten Anforderungen an das Bauwerksmodell teil. Das Gesamtmodell besteht aus mehreren Teilmodellen. Jeder Akteur im Bauprozess und Lebenszyklus steuert sein Fachmodell mit unterschiedlichsten Daten bei (vgl. Kapitel 2.1.1). Die Daten sind auf Konflikte und Konsistenzen zu prüfen. All diese Modelle, Prozesse und Daten gilt es, zu koordinieren und zu verwalten. Der Geodät ist bereits heute oftmals Datenmanager für georeferenzierte Daten im Bauprozess. Ihm sind die Abläufe im Bauprozess bekannt. Er sollte diese Kompetenz erweitern und Aspekte in den neu entstehenden Rollen (z. B. BIM-Manager und BIM-Koordinatoren) mit übernehmen. Diese nehmen Aufgaben wie das verantwortliche Management und Koordination der BIM-Prozesse, die Definition der Anforderungen in AIA, BEP etc. (vgl. Kapitel 2.1.4) und Modelle sowie die Qualitätsprüfungen vor (Egger et al. 2013).

#### 2.4.6 Zusammenfassung

Das Geodatenmanagement, z. B. in CAD- und Geoinformationssystemen, ist klassische Aufgabe der Geodäsie. Aus diesen Systemen heraus werden die Aufgaben des Vermessungsingenieurs im Bauprozess wahrgenommen. BIM ist als neues, auf Geometrie und Georeferenzierung basierendes Instrument hinzugekommen. Die Datenmodelle sind andere. Der Fokus liegt auf der objektorientierten Modellierung mit den beiden großen Säulen der dreidimensionalen Geometrie und der Semantik. Es hilft in weiteren Dimensionen außerdem bei der Optimierung von Arbeitsprozessen und zur Vor-

bereitung von Investitionsentscheidungen in Bau und Betrieb von Bauwerken. Die vielfältigen Aufgaben der Geodäsie im Bauprozess, von der Datensammlung über die Modellierung und die Planerstellung bis hin zu ingenieurgeodätischen Aufgaben des Aufmaßes, der Absteckung, der Baukontrolle und der Bestandsdokumentation werden mit Anbindung an oder im BIM zu tätigen sein. So wird BIM künftig auch einen Bestandteil der Ingenieurgeodäsie bilden. Aufgabe des Geodäten kann und muss auch das BIM-basierte Management georeferenzierter Daten sein, auch wenn es hierzu erforderlich ist, seine bzw. ihre Kompetenz zu erweitern.

Das komplexe Thema der Georeferenzierung (siehe auch Kapitel 2.1) erfordert geodätische Kompetenz. Die Wahl für den jeweiligen Zweck geeigneter Koordinatenreferenzsysteme in Lage und Höhe, seien es örtlich kartesische oder überörtliche geodätische, sollte unter Berücksichtigung der Anforderungen aus Planung, Datenintegration, Datenaustausch und die Übertragung in und aus der Örtlichkeit wohlüberlegt sein. Für eine nahtlosere, modellgerechte Übertragung von Daten zwischen geodätisch referenzierten Systemen und der kartesischen BIM-Welt sind noch weitere Entwicklungen zu leisten.

## Literatur

- AdV (2012): Maßgeschneiderte EPSG-Codes für GIS-Anwendungen. <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/binarywriterservlet?imgUid=93730140-3898-e931-6b1e-502172e13d63&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111> (Juli 2019).
- Becker, R.; Lublasser, E.; Martens, J.; Wollenberg, R.; Zhang, H.; Brell-Cokcan, S.; Blankenbach, J. (2019): Enabling BIM for Property Management of Existing Buildings Based on Automated As-is Capturing. In: Proceedings of the 36th ISARC, Banff, Alberta, Canada. DOI: <https://doi.org/10.22260/ISARC2019/0028>.
- Blankenbach, J. (2016): Building Information Modeling (BIM). In: Möser, M. et al. (Hrsg.): Handbuch Ingenieurgeodäsie – Ingenieurbau. 2. Auflage. Berlin/Offenbach: Wichmann. ISBN 978-3-87907593-5.
- Blankenbach, J. (2015): Bauwerksvermessung für BIM. In: Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis, Buchkapitel, Borrmann/König/Koch/Beetz (Hrsg.). Heidelberg: Springer. S. 343-362. ISBN 978-3-658-05605-6.
- Blut, C.; Görtz, A. (2015): BIM im Bestand – Entwicklung einer optimierten Methode für die parametrische Modellierung auf Grundlage des tachymetrischen Gebäudeaufmaßes. In: Real Ehrlich/Blut: Bauinformatik 2015 – Beiträge zum 27. Forum Bauinformatik. Berlin/Offenbach: Wichmann Verlag. ISBN 978-3-87907-605-5.
- bS Australasia (2017): buildingSMART Australasia: Model Setup IDMVol 3: Case Studies. [https://buildingsmart.org.au/wp-content/uploads/Vol-3-Case-Studies\\_v0.3.pdf](https://buildingsmart.org.au/wp-content/uploads/Vol-3-Case-Studies_v0.3.pdf) (07.2019).
- Clemen, C.; Ehrich, R. (2014): Geodesy goes BIM. In: allgemeine vermessungs-nachrichten (avn), 121 (6), S. 231-237.
- Clemen, C.; Görne, H (2019): Level of Georeferencing (LoGeoRef) using IFC for BIM, Journal of Geodesy, Cartography and Cadastre, 10/2019, S. 15-20. [https://jgcc.geoprevi.ro/docs/2019/10/jgcc\\_2019\\_no10\\_3.pdf](https://jgcc.geoprevi.ro/docs/2019/10/jgcc_2019_no10_3.pdf).
- Clemen, C (2019): Standards für die Qualitätssicherung mit der BIM-Methode. In: DVW e. V. (Hrsg.): Qualitätssicherung geodätischer Mess- und Auswerteverfahren 2019. DVW-Schriftenreihe, Band 95. Augsburg: Wißner, S. 47-60.
- Egger, M.; Hausknecht, K.; Liebich, T.; Przyblo, J. (2013): BIM-Leitfaden für Deutschland – Information und Ratgeber – Endbericht. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung (BBR). <http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/3Rahmenbedingungen/2013/BIMLeitfaden/Endbericht.pdf> (07.2019).
- Hausknecht, K.; Liebich, T. (2016): BIM-Kompendium – Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Stuttgart: Fraunhofer IRB. ISBN 978-3-8167-9489-9.

- HOAI 2023: Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure – HOAI), 2023.
- Kaden, R.; Clemen, C. (2017): Applying Geodetic Reference Systems in Building Information Modeling (BIM). Proceedings FIG Working Week, Helsinki, 2017.
- Kuhlmann, H., Schwieger, V., Wieser, A., Niemeier, W. (2013): Ingenieurgeodäsie – Definition, Kernkompetenzen und Alleinstellungsmerkmale. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (zfv), 138 (6), S. 391-399.
- Markič, Š.; Donaubaauer., A.; Borrmann, A. (2018): Enabling Geodetic Coordinate Reference Systems in Building Information Modeling for Infrastructure, In: Proceeding of the 17th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Tampere, Finland, 2018.
- Martens, J.; Blankenbach, J. (2019): An automated approach for point cloud alignment based on density histograms. In: Proceedings to EG-ICE 2019 Workshop on Intelligent Computing in Engineering. Leuven, Belgium, June 30 to July 3, 2019. <http://ceur-ws.org/Vol-2394/>.
- Manthe, C. (2017): BIM Implementation for the German Railways – What does it mean for the surveyor? Proceedings FIG Working Week, Helsinki, 2017.
- Möser, M.; Hoffmeister, H.; Müller, G.; Staiger, R.; Schlemmer, H.; Wanninger, L. (2012): Handbuch Ingenieurgeodäsie – Grundlagen. Berlin/Offenbach: Wichmann.
- Rinner, K. (1978): Entwicklungstendenzen in der Ingenieurgeodäsie. In: allgemeine vermessungsnachrichten (avn), 83 (5), S. 161-166.
- Turner, C.; Wunderlich, T. (2015): Verformungsgerechtes Aufmaß in einem BIM. In: Terrestrisches Laserscanning 2015 (TLS 2015) – Beiträge zum 142. DVW-Seminar. Augsburg: Wißner. ISBN 978-3-95786-059-0.
- Tulke, J. (2018): BIM-basierter Bauantrag. [http://geoportal-hamburg.de/xleitstelle\\_webseite\\_veranstaltung/downloads/06\\_BIM-basierter\\_Bauantrag.pdf](http://geoportal-hamburg.de/xleitstelle_webseite_veranstaltung/downloads/06_BIM-basierter_Bauantrag.pdf) (07.2019).
- Wollenberg, R. (2018): BIM für das Bestandsimmobilienmanagement. In: Steiner, M.; Theiler, M.; Mirboland, M. (Hrsg.): 30. Forum Bauinformatik. Bauhaus-Universität Weimar. <https://doi.org/10.25643/bauhaus-universitaet>.
- Wunderlich, T. (2018): BIM – offene Fragen für die geodätische Praxis. Folienskript zum Seminar „Vermessung aktuell – BIM“. Universität Innsbruck, 2018.
- Wunderlich, T. (2018): When two worlds collide – BIM und die Absteckung langer Infrastrukturbauwerke. Folienskript zum Vortrag in der Session Geo 4 BIM. BIM World, ICM München, 2018.

## 2.5 Geodäsie und BIM – die rechtlichen Aspekte

*Beitrag von Klaus Eschenbruch*

### 2.5.1 Einleitung

Die Geodäsie in Verbindung mit der Planungs- und Baumethodik BIM hat verschiedene rechtliche Aspekte.

Vermessungstechnische Leistungen sind Gegenstand der sogenannten „weiteren Fachplanungs- und Beratungsleistungen“ (Anlage 1 zu § 3 Abs. 1 HOAI 2021) der HOAI. Die HOAI enthält zum einen Leistungsbilder für Planungsleistungen, die nicht zwingend zur Beauftragung vorgeschrieben sind. Sie enthält andererseits auch Vergütungsregelungen, früher in der Form eines zwingenden Preisrechts mit Höchst- und Mindestsätzen. Die Vereinbarkeit der BIM-Arbeitsmethode mit der HOAI wurde in der Vergangenheit im Hinblick auf das zwingende Preisrecht vielfach bezweifelt. Der EUGH hat das vormals zwingende Preisrecht mit Urteil vom 04.07.2019 (Az. C 377/17 für unwirksam erklärt. Der Gesetzgeber hat hierauf reagiert und mit der HOAI 2021 die bisherigen Mindest- und Höchstsätze durch ein Basishonorar ersetzt, welches nur dann gilt, wenn die Vertragsparteien nicht etwas anderes vereinbart haben. Unerachtet des Entfalls des zwingenden Preisrechts wird die HOAI allerdings weiterhin ihre Bedeutung behalten. Viele Vertragsparteien werden freiwillig auf die Berechnung der Honorare der HOAI verweisen, weil diese einen Rahmen für eine grundsätzlich angemessene Vergütungsregelung bietet. Leistungen der Geotechnik und Leistungen der Ingenieurvermessung waren schon bislang nicht mehr preisgebundene Leistungen nach der HOAI (vgl. Anlage 1 zu § 3 Abs. 1 HOAI, Ziff. 1.3 und 1.4). Dementsprechend sind für die hier in Rede stehenden Geodäsie-Leistungen keine preisrechtlichen Vorgaben zu beachten.

Vermessungsleistungen erzeugen Datensätze, welche die Basis für digitales Planen und Bauen darstellen. In den sogenannten Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA), welche der Auftraggeber seinen Vertragskräften vertraglich vorgibt, werden – abhängig von den jeweiligen Anwendungsfällen – Anforderungen an die Detaillierungstiefe bzw. den Fertigstellungsgrad (LOD) der Datensätze definiert. Die Anforderungen an die zu verarbeitenden Daten sind in jedem Einzelfall und für jede relevante Vertragsleistung genau zu bestimmen. Zum Teil werden geometrische LOD-Klassen im Detail vorgegeben, zum Teil wird eine eher funktionale Beschreibungstechnik gewählt. Die Praxis lehnt sich auch in diesem Kontext vielfach an das Leistungsphasenmodell der HOAI und die hiernach abzuliefernden Planungsergebnisse an.

### 2.5.2 Leistungspflichten

Das Gesetz schreibt nicht vor, nach welcher Methode Vermessungsingenieure oder Planer ihre Leistungen zu erbringen haben. Letztlich ist es die Aufgabenstellung des Auftraggebers, die Planungsziele, die einzusetzenden Methoden und damit auch die BIM-Ziele, zu benennen. Der Auftraggeber entscheidet damit darüber, in welchem Umfang und für welchen Zweck die BIM-Arbeitsmethodik eingesetzt werden soll. Soll mit BIM geplant werden, bedarf es einer näheren Beschreibung des BIM-Einsatzes. BIM ist nicht gleich BIM. BIM-Anwendungen existieren in vielfältiger Form. Die Anforderungen an die mit der Arbeitsmethode BIM zu verarbeitenden Daten hängen deshalb stark von den sogenannten BIM-Anwendungsfällen ab. Auch für einen Vermesser ist genau zu prüfen, welchem Anwendungsfall die Vermessungsergebnisse dienen sollen. Es ist daher also wichtig zu erkennen, dass die Auswahl der BIM-Anwendungsfälle die konkreten Informationsanforderungen an das BIM-Modell vorgibt. Die Anforderungen aus den Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) und den BIM-Anwendungsfällen sind dann mittels eines sogenannten BIM-Abwicklungsplans umzusetzen, der regelt, wie die BIM-Arbeitsmethode prozedural im konkreten Projekt eingesetzt wird und welche Modellierungsrichtlinien dabei zu beachten sind.

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, dass Leistungsvorgaben für die BIM-Anwendung im Bereich Vermessung und Planung vornehmlich Gegenstand des Vertragsrechts sind. Der jeweilige Auftraggeber hat in seinen Verträgen möglichst genau vorzugeben, welche BIM-Ziele er verfolgt, welche Anwendungsfälle umgesetzt werden sollen und welche Detaillierungstiefe das digitale 3D-Modell aufweisen soll. Gerade auch für die Vermessung kann es unterschiedliche vertragliche Anforderungen geben. Diese Anforderungen müssen dem jeweiligen Vertrag und seinem Leistungsbild ggf. konkret entnommen werden, sind aber in der heutigen Praxis oft nicht einmal explizit beschrieben, sondern müssen alsdann aus dem Verwendungszweck der Vermessungsergebnisse erschlossen werden.

### 2.5.3 Vergütung

Vermessungsleistungen gehörten schon in der Vergangenheit zu dem nicht preisgebundenen Regelungsbereich der HOAI. Die in der Anlage 1 zu § 3 Abs. 1 HOAI vorgesehenen vermessungstechnischen Leistungen (Ziff. 1.4) sind preisfrei. Die HOAI unterbreitet für diese Leistungen Honorierungsvorschläge unter Benennung von Leistungsbildern und Honorarparametern. Eine Preisbindung, zumal eine solche mit Mindest- und Höchstsätzen, bestand schon in der Vergangenheit nicht, sodass es den Parteien frei steht, andere Preisstrukturen (also auch andere Preisermittlungsparameter) und andere Vergütungssätze zu ermitteln und ihren Verträgen zugrunde zu legen. Dass ein Auftraggeber im eigenen Interesse Wert darauf legen sollte, allen Beteiligten der Planung – und damit auch den Vermessungsdienstleistern – eine auskömmliche Vergütung zu gewähren, sollte selbstverständlich sein.

Die Vergütung ist letztlich eine Funktion der Leistung. Erst eine präzise Beschreibung der Vermessungsleistungen ermöglicht eine sachgerechte Vergütungsfindung. Da die Schnittstelle zwischen Geodäsie und BIM ganz unterschiedlich ausfallen kann, lassen sich auch schwerlich allgemeine Vergütungsrichtlinien entwickeln. Das konkrete Leistungsprofil und der dadurch entstehende Aufwand muss von den Vertragsparteien bewertet und in ein sachgerechtes Vergütungsmodell überführt werden. Dabei können die Honorarsätze für die vermessungstechnischen Leistungen der Anlage 1 zu § 3 Abs. 1 HOAI Anhaltspunkte geben.

Auch für die ehemals als preisgebunden angesehenen Planungsleistungen hatte sich eine herrschende Rechtsauffassung entwickelt, wonach die Leistungsbilder für die Grundleistungen auch die Anwendung der BIM-Planungsmethode erfassen. Ob der Planer mit Zeichenstift, CAD-Werkzeugen und BIM arbeitet, ist (war) für die nach den Grundleistungen zu erzeugenden Arbeitsergebnisse (mithin seinerzeit auch für die Honorierung) gleichgültig. Soweit Planungsergebnisse erzeugt werden, die nicht über den Rahmen der Grundleistungen hinausgehen (z. B. Besondere Leistungen darstellen), liegen keine Besonderen Leistungen nach der vormaligen Preisbindung der HOAI vor. Zusätzliche Vergütungsansprüche sind dementsprechend nach der Leistungsbildstruktur der HOAI nicht ohne Weiteres gegeben (Eschenbruch & Lechner 2016).

Die Planungsmethode BIM lässt die herkömmlichen Rollenmodelle (insbesondere der Planung) grundsätzlich unberührt.<sup>13</sup> Die Koordination der Planungsprozesse der einzelnen Planungsbeteiligten zur Anwendung und Umsetzung der Modellierung von Datensätzen nach der BIM-Methode ist in der Regel Bestandteil der Grundleistung der Leistungsbeschreibungen der HOAI für die Planungsbeteiligten und löst keine zusätzliche Vergütung aus. Etwas anderes gilt für die Übernahme der Funktion des BIM-Managers, der quasi als Projektsteuerer den Planungsprozess mit BIM aufseiten

---

<sup>13</sup> Fischer et al., in: Fuchs et al. (Hrsg.): Beck'scher HOAI- und Architektenrechtskommentar, Anlage 1, Ziff. 1.4, Rn. 2 f.

des Auftraggebers strukturiert, AIA an den BIM-Planungsprozess mitdefiniert, entsprechende Vorgaben für alle Planungsbeteiligten erarbeitet und den ordnungsgemäßen Einsatz aller Methodiken und Softwareprodukte überwacht.

#### 2.5.4 Die Haftung bei Einsatz der BIM-Planungsmethode

Nach der Rechtsprechung des Bundesgerichtshofs (BGH) ist der Vertrag mit dem Vermessungsingenieur ein Werkvertrag. Der Vermesser hat für die richtige Vermessung einzustehen<sup>14</sup>. Dem Vermessungsingenieur kann sowohl das Erfassen der ortsgebundenen Daten über Bauwerke und Anlagen, Grundstücke und Topographie, einschließlich des Erstellens von Plänen als auch das vermessungstechnische Überwachen der Ausführung übertragen werden. Für einen Mangel der Vermessungsleistung haftet der Vermesser vor der Abnahme nach den §§ 280 ff. BGB<sup>15</sup>, nach der Abnahme gemäß den Mängelrechten des Werkvertragsrechts, § 634 BGB<sup>16</sup>. Grundsätzlich haftet jeder Planungsbeteiligte für seine eigene fehlerhafte Leistung. Liegen dementsprechend Fehler bei der Vermessung vor, ist in erster Linie der Vermessungsingenieur verantwortlich. In Betracht kommt jedoch auch eine gesamtschuldnerische Haftung mit Architekten und Bauunternehmern<sup>17</sup>. Die zentrale Pflicht des Vermessers ist die ordnungsgemäße Erfassung der Geodaten sowie deren ordnungsgemäße Be- und Verarbeitung sowie die Erarbeitung von weiterverwendungsfähigen Datenmodellen und Interpretationen.

Das Planen und Bauen mit BIM birgt spezifische Risiken, aber auch Chancen mit Auswirkungen auf das Haftungsrecht. Ob per Saldo ein Mehr oder ein Weniger an Haftungsrisiko entsteht, kann abstrakt nicht gesagt werden, sondern hängt von der konkreten Rolle der Projektbeteiligten bei dem modellbasierten Planen ab. Zunächst muss berücksichtigt werden, dass die eingesetzten Softwaretools, etwa für die Kollisionsprüfung oder Qualitychecks, in einer Frühphase der Planung zur Identifizierung von Planungsmängeln führen können und damit Konflikte und Mängel der Planung frühzeitig erkannt und in strukturierten Abarbeitungsprozessen nachgebessert werden können. Dies führt grundsätzlich zu einer Qualitätssteigerung bei der Planung. Wenn sich gleichwohl später Planungsmängel zeigen, ist über das Koordinationsmodell jederzeit nachvollziehbar, wer die Ursache für entsprechende Planungsfehler gesetzt hat. Nachträgliche Diskussionen über Verantwortlichkeiten, wie sie sich heute bei auftretenden Mängeln der Projektabwicklung zeigen, sollten sich erübrigen. Ob sich bei der Arbeit mit BIM der eine oder andere Gesichtspunkt stärker auswirkt, kann im Vorhinein nicht gesagt werden. Die Anwendung der BIM-Planungsmethode wirft jedoch einige zusätzliche Problemlagen auf, die speziell für die Vermessungstechnik von Bedeutung sind.

##### **Der funktionale Mangelbegriff**

Nach der Rechtsprechung ist eine Werkleistung nur dann vertragsgemäß, wenn sie sowohl in sich mangelfrei als auch insgesamt funktionstauglich ist<sup>18</sup>. Der werkvertragliche Erfolg bestimmt sich mithin nicht allein nach der zu seiner Erreichung vereinbarten Leistung oder Ausführungsart, sondern auch danach, welche Funktion nach dem Willen der Parteien erfüllt werden soll<sup>19</sup>. Da die Arbeitsmethode BIM ein Sammelbegriff für eine Vielzahl unterschiedlicher Einsatzformen digitalen Planens und Bauens ist, muss in jedem Einzelfall genau geprüft werden, welche Anwendungsfälle mit dem

---

<sup>14</sup> Dazu BGH, Urteil vom 09.03.1972, Az. VII ZR 202/70, BauR 1972, 255.

<sup>15</sup> BGH, Urteil vom 19.01.2017, VII ZR 301/13, NJW 2017, 1604.

<sup>16</sup> Fischer et al., in: Fuchs et al. (Hrsg.): Beck'scher HOAI- und Architektenrechtskommentar, Anlage 1, Ziff. 1.4, Rn. 43.

<sup>17</sup> Fischer et al., in: Fuchs et al. (Hrsg.): Beck'scher HOAI- und Architektenrechtskommentar, Anlage 1, Ziff. 1.4, Rn. 43.

<sup>18</sup> BGH, Urteil vom 08.11.2007, Az. VII ZR 183/05, NZBau 2008, 109.

<sup>19</sup> BGH, Urteil vom 08.05.2014, Az. VII ZR 203/11, NZBau 2014, 492, 493, Rn. 14.

BIM-Einsatz umgesetzt werden sollen. Wenn etwa aus dem jeweiligen Vertrag klar hervorgeht, dass mit dem Digitalen Gebäudemodell über den Planungsprozess hinaus eine Weiternutzung der Daten für den Bau und ggf. die spätere Betriebsphase angestrebt wird, dann hat der Planer bei seinem Modellaufbau dafür zu sorgen, dass der digitale Zwilling des Gebäudes hinsichtlich der Datenstrukturen auch entsprechend ausgelegt ist und spätere Projektbeteiligte hiermit weiterarbeiten können. Dies zeigt, dass die undifferenzierte Verpflichtung zum Einsatz der BIM-Methode für die beteiligten Planer und Ausführungsfirmen ein nicht unerhebliches Risiko bedeutet. Es ist notwendig, genau zu regeln, welche Funktionen und Zwecke mit dem jeweiligen Datenmodell des Gebäudes erreicht werden sollen. Wenn etwa ein Auftraggeber von Planungs- oder Baubeteiligten ein *as-built*-Modell einfordert, sollte er genau beschreiben, was ein BIM-*as-built*-Modell beinhaltet und welche Einsatzfelder hiermit bedient werden sollen.

Gerade bei geodätischen Daten geht es überwiegend darum, dass diese von weiteren Beteiligten genutzt werden sollen. Sie dienen in vielfältiger Hinsicht als Basis oder Rahmeninformationen für die weitere Projektabwicklung. Es muss deshalb klar sein, für welche Zwecke die Daten später benötigt werden. Aufgrund des funktionalen Mangelbegriffs entsteht ein Risiko, wenn Vermessungsergebnisse abgeliefert werden, die sich für die Verwendungszwecke als nicht umfassend geeignet darstellen, sowie etwa beim Laserscanning oder bei photogrammetrischen Vermessungen, die einen realen Baukörper oft nicht vollständig abbilden können und interpretiert werden müssen („unintelligente Daten“). Haftungsrisiken drohen immer, wenn Vermessungsergebnisse bestellt werden, die für den konkreten Verwendungszweck nicht in umfassender Form geeignet sind.

### **Risiken eingesetzter Software**

Bei der Vermessung kommen unterschiedliche Softwaretools zum Einsatz. Das Risiko, dass sich Fehler aufgrund von nicht ausgereiften Softwarelösungen ergeben, die von den beteiligten Vermessern nicht erkannt werden bzw. nicht erkannt werden können, ist nicht zu vernachlässigen. Auch Datenverluste sind beim Einsatz der BIM-Arbeitsmethode prinzipiell nicht ausgeschlossen. Bei der Haftungsverteilung gelten – vorbehaltlich anderweitiger vertraglicher Bestimmungen – folgende Grundsätze:

- Schreibt der Auftraggeber die Anwendung einer bestimmten Software vor und kann der Auftragnehmer Fehler der Software nicht erkennen, trifft das Risiko von Softwarefehlern den Auftraggeber.
- Erbringt der Auftragnehmer – ohne Vorgabe genau dieses Softwaresystems durch den Auftraggeberleistungen der Planung oder des Bauens im Rahmen der Bearbeitung digitaler Daten mit von ihm selbst eingesetzten Softwaretools, hat er für etwaige durch die verwendete Software entstandene Mängel der Planungsergebnisse einzustehen. Das Risiko von Datenverlusten trifft grundsätzlich den Auftragnehmer. Schadensersatzansprüche vor und nach Abnahme setzen Verschulden voraus, sodass der Planungsbeteiligte nur dann auf Schadensersatz haftet, wenn er die Mängel vorhersehen und damit abwenden konnte.
- Softwareunternehmen schließen die Haftung für die von ihnen hergestellten Softwareprogramme in der Regel aus. Die Haftungsausschlüsse sind als Allgemeine Geschäftsbedingung oft nicht wirksam (§ 309 BGB). Gleichwohl ist es für alle Beteiligten schwierig, deswegen eventuell tatsächlich bestehende Ansprüche im Falle des Schadenseintritts bei Softwareherstellern geltend zu machen.
- Soweit der Vermesser digitale Daten von Dritten, etwa aus existierenden Geodatenbanken, verwendet, trifft ihn grundsätzlich das Verwendungsrisiko. Die Rechtslage ändert sich nicht dadurch, dass anstelle von analogen Daten nunmehr digitale Daten aus dritter Quelle verwendet werden.
- Für Datenverluste aufgrund von Eingriffen Dritter, etwa Computerviren, haftet derjenige, der einen entsprechenden Eingriff in die Datenstrukturen ermöglicht hat.



- Der Einsatz der BIM-Methode erfordert auch keine grundsätzlich geänderten Strukturen für Haftungsbegrenzung bzw. Haftpflichtversicherung. Auch bei der Anwendung von BIM erfüllt die gesetzliche Haftung eine wichtige ökonomische Funktion, nämlich die Beteiligten zu einer ordnungsgemäßen und möglichst fehlerfreien Arbeit anzuhalten. Eine generelle Reduzierung der Haftungsrisiken der Planungs- und Ausführungsbeteiligten bei der BIM-Anwendung erscheint nicht erforderlich. Gleichwohl kann es sachgerecht sein, das Risiko für Datenverluste bei den heute noch nicht vollständig ausgereiften Softwaresystemen und Schnittstellen in Fällen einfacher Fahrlässigkeit durch eine sachangemessene Vertragsgestaltung zu begrenzen, etwa auf den Umfang des Versicherungsschutzes. Auch kann wegen des engen interaktiven Zusammenwirkens der Beteiligten der Abschluss von Projektversicherungen sinnvoll sein.

### 2.5.5 Schutz des geistigen Eigentums, Datenschutzrechte

In Deutschland existieren im Grundsatz keine Eigentumsrechte an Daten (vgl. etwa Zech 2015, Dörner 2014, Eschenbruch & Grüner 2014). Es gibt dementsprechend keine Ausschließlichkeitsrechte an Daten nach der deutschen Rechtsordnung. Eine Ausnahme bilden Urheberrechtsansprüche. Bei Datensätzen der Geodäsie wird in der Regel ein Urheberrechtsschutz ausscheiden, da die für urheberrechtsschutzfähige Leistungsergebnisse notwendige eigenschöpferische Gestaltungshöhe in der Regel nicht erreicht wird. Technische Lösungen, mögen sie auch noch so anspruchsvoll sein, werden grundsätzlich nicht als urheberrechtsschutzfähig angesehen (vgl. etwa Locher 2012, § 34, Rn. 543).

Im Einzelfall kann das Datenmodell des Vermessers als Datenbankwerk i. S. d. § 4 Abs. 2 Urheberrechtsgesetz (UrhG) schutzfähig sein. Dann muss in der Zusammenstellung der Daten eine persönliche geistige Schöpfung liegen. Das wird in den allermeisten Fällen zu verneinen sein. Auch ein Datenbankschutz nach § 87a UrhG und Schutz von Computerprogrammen nach § 69a UrhG wird in der Regel nicht zum Tragen kommen (Hömme 2016). Die Möglichkeit, einen Designschutz anzumelden, wird es bei Geodaten in der Regel ebenfalls nicht geben.

Einzelne Rechte an Geodaten im Verhältnis zu Dritten können daher nur einzelvertraglich begründet werden. Öffentliche Auftraggeber sind nach der INSPIRE-Richtlinie der EU bzw. der nationalen Umsetzungsregularien (Geodatenzugangsgesetz (GeoZG) und entsprechender Ländergesetze) gehalten, Geodaten öffentlich – das heißt, über das Internet – zugänglich zu machen (vgl. Neumann & Neumann 2017). Dazu gehören grundsätzlich alle bei den Behörden vorhandenen Geodaten (von Bauleitplänen über Planfeststellungsbeschlüsse bis zu Bodenrichtwerten). Baugrundgutachten und ähnliche Daten, die von Vermessern erzeugt werden, können hierunter fallen. Dementsprechend sind die öffentlichen Auftraggeber gehalten, proaktiv die geodatenspezifischen Verpflichtungen aus der INSPIRE-Richtlinie umzusetzen, wozu es auch gehören muss, vertragliche Rechte in Bezug auf native Daten von Vermessern auszuschließen. Soweit dementsprechend öffentliche Auftraggeber von Vermessern verlangen, dass die Geodaten in nativen Formaten übermittelt werden müssen, stehen sie anschließend ggf. einer breiten Öffentlichkeit zur Weiterverwendung unter erleichterten Bedingungen zur Verfügung. Vermesser können die Weitergabe von nativen Daten nur dadurch ausschließen, dass sie in ihren Verträgen die Verpflichtung zur Übergabe nativer Daten ausschließen und sich generell vor einer Weitergabe von Daten an Dritte oder durch vertragliche Absprachen zu Vertraulichkeiten und Know-how-Schutz absichern. Dies kann etwa dadurch geschehen, dass im Fall der Zuwiderhandlung Pönalen, z. B. Vertragsstrafen, vorgesehen und vereinbart werden.

Wenn der Vermesser – zumal native – Datenformate an seine Auftraggeber weitergibt, ohne entsprechende Vorsorge zu treffen, muss er bedauerlicherweise damit rechnen, dass diese Daten auch von beliebigen Dritten weiterverwendet werden können.

### 2.5.6 Vergaberecht

Die Beauftragung von Vermessungsleistungen unterliegt zumeist nicht dem strengen kartellrechtlichen Vergaberecht, weil die hierfür maßgeblichen EU-Schwellenwerte infolge der Höhe der regelmäßig vereinbarten Auftragssummen nicht überschritten werden. Maßgeblich bleiben aber die Regelungskomplexe für Unterschwellenvergaben. Für Vermesser geht es dabei um folgende Aspekte:

1. Ein öffentlicher Auftraggeber kann die Arbeit mit der BIM-Arbeitsmethode explizit vorgeben (ein privater Auftraggeber darf dies ohnehin). Die Novellierung des Vergaberechts (2016) hat entsprechende Klarstellungen herbeigeführt (z. B. in § 12 Abs. 2 VgV, aber auch in den einzelnen Vergabeordnungen). Wenn dementsprechend die Auftraggeber die Arbeit mit BIM einfordern, kann dem unter dem Blickwinkel des Vergaberechts nicht entgegengewirkt werden. Das Vergaberecht schützt nicht bestimmte Berufsgruppen in Bezug auf tradierte Leistungsmodelle. Zwar soll ein Auftraggeber grundsätzlich wettbewerbsgerecht ausschreiben. Dementsprechend hat er grundsätzlich produktneutrale Anforderungen zu stellen. Im Einzelfall, wenn hinreichende sachliche Gründe vorliegen, kann der Auftraggeber eine seinen Zielen entsprechende konkrete Leistung am Markt abfordern.
2. Des Weiteren ist zu beachten, dass Auftraggeber bei der Umsetzung von BIM-Projekten in der Zukunft vermehrt mit BIM-spezifischen Eignungs- und Zuschlagskriterien arbeiten werden. Das heißt, dass alle Vermesser damit rechnen müssen, dass sie bei Vergaben für Projekte mit der BIM-Arbeitsmethode einschlägige Eignungsnachweise im Sinne von Erfahrungen und Kompetenzen ihrer Unternehmen mit der BIM-Planungstechnologie übermitteln müssen und/oder die Auftragsvergabe (der Zuschlag) von Lösungsansätzen (z. B. Entwürfen zu BIM-Abwicklungsplänen) abhängig gemacht werden kann.

### 2.5.7 Ergebnis

Die BIM-Planungsmethode bringt somit keine gänzlich neuen rechtlichen Rahmenbedingungen für die Projektbeteiligten und insbesondere die Geodäsie mit sich. Weder bedarf es neuer Rollenmodelle, noch grundsätzlich veränderter Einsatzformen der Projektbeteiligten, um mit dieser Planungstechnologie umgehen zu können. Die Vermessungsaufgaben werden weiterhin von den in diesem Berufsfeld tätigen Berufsträgern erbracht werden können. Diese müssen sich allerdings darauf einrichten, dass Auftraggeber zunehmend BIM-fähige Vermessungsergebnisse verlangen und dabei insbesondere deren Datensätze über die IFC-Schnittstelle ausgetauscht werden können. Des Weiteren wird auch von einem Vermesser eingefordert werden können, dass er an der BIM-Datenkoordination mitwirkt. Diese Aspekte rechtfertigen nicht ohne Weiteres einen Honorarzuschlag. Haftungsrisiken können sich durch die Teilnahme am BIM-Planungsprozess verschieben. Soll etwa eine *as-built*-Planung am Ende eines Planungsprozesses stehen, können die Planungsergebnisse mit unterschiedlichen Methoden erzeugt werden und es ist genau festzuhalten, welche Informationstiefe mit welchen Softwaretools herbeigeführt werden soll. Anderenfalls drohen nicht unerhebliche Haftungsgefahren.

Stellt der Vermesser Rohdaten (native Daten) zur Verfügung, hat er selbst vertragliche Vorsorge gegen die Datenweitergabe an Dritte zu treffen. Es gibt grundsätzlich kein Eigentum an nativen Daten. Öffentliche Auftraggeber sind sogar verpflichtet, entsprechende native Daten einer Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

### Literatur

- Dorner, M. (2014): Big Data und „Dateneigentum“, Grundfragen des modernen Daten- und Informationshandels. In: Computer und Recht (CR), 9/2014, S. 617-628.
- Eschenbruch, K.; Grüner, J. (2014): BIM – Building Information Modeling – Neue Anforderungen an das Bauvertragsrecht durch eine neue Planungstechnologie. In: Neue Zeitschrift für Baurecht und Vergaberecht (NZBau), 2014, S. 402-408.

- Eschenbruch, K.; Lechner, H. (2016): BIM und HOAI. In: Eschenbruch, K. & Leupertz, S. (Hrsg.): BIM und Recht, S. 144 ff.
- Hömme, G. (2016): Datenhoheit, Datenschutz, Vertraulichkeiten und Urheberrechte. In: Eschenbruch, K.; Leupertz, S. (Hrsg.): BIM und Recht, S. 192 ff.
- Locher, H. (2012): Das private Baurecht. 8. Auflage. München: C. H. Beck.  
ISBN: 978-3-406-59706-0.
- Neumann, A.; Neumann, A. (2017): Mehr Transparenz bei Geodaten. In: Baurecht (BauR), 1/2017, S. 26 ff.
- Zech, H. (2015): Daten als Wirtschaftsgut – Überlegungen zu einem „Recht des Datenerzeugers“. In: Computer und Recht (CR), 3/2015, S. 137-146.

## 2.6 Geodäsie und BIM in der Entwicklung

### 2.6.1 3D-Lageplan zum Baugesuch

*Beitrag von Andreas Rose, Ralf Becker und Andreas Donaubauer*

#### Einführung

Der Amtliche Lageplan ist ein rechtliches Konstrukt. Seine Legaldefinition findet sich in den Bauvorschriften der Länder, in Nordrhein-Westfalen zum Beispiel in der Bauprüfverordnung (BauPrüfVO). Dort regelt der § 3, welchen Inhalt ein Lageplan aufweisen muss. Diese Inhalte stehen allerdings unter dem Vorbehalt des Erfordernisses; sie sind nur darzustellen, „soweit es für die Beurteilung des Bauvorhabens erforderlich ist“.

Da das Bauvorhaben die Eigentumsrechte der Nachbarn nicht beeinträchtigen darf, muss nicht nur das Bauvorhaben selbst, sondern müssen auch seine Abstandsflächen auf dem Baugrundstück liegen. Die „rechtmäßigen Grenzen des Baugrundstücks und deren Längen ...“ sind damit regelmäßiger Bestandteil des Lageplans nach §3 BauPrüfVO.

Diese Angaben können und müssen aus dem Liegenschaftskataster entnommen werden. In der Vergangenheit war es in vielen Fällen ausreichend, die Angaben des Liegenschaftskatasters ohne weitere Bearbeitung zu nutzen. Doch die hohen Bodenpreise zwingen mittlerweile dazu, Baugrundstücke auf den letzten Zentimeter auszunutzen. Baukörper und Abstandsflächen liegen heute in aller Regel direkt auf den Grundstücksgrenzen. Hierfür ist das Liegenschaftskataster jedoch nicht gemacht. Die Katasterkarte ist zwar der einzige Datenbestand in Deutschland, der seit fast 200 Jahren ununterbrochen besteht und ohne Unterbrechung fortgeführt wurde, enthält aber aufgrund dieser langen Vergangenheit auch Inhalte mit geringerer Genauigkeit. Diese Genauigkeit mag für viele Fälle ausreichen, doch das Baurecht kennt keine Toleranzen: hier ist Zentimetergenauigkeit gefragt.

Dem Gesetzgeber waren diese Einschränkungen bekannt, als er die BauPrüfVO erließ. Er regelt deshalb in Absatz 3 der BauPrüfVO, dass unter gewissen Umständen Lagepläne von Katasterämtern oder öffentlich bestellten Vermessungsingenieuren (ÖbVI) angefertigt und von diesen beurkundet werden müssen. Diese beurkundeten Lagepläne sind dann „Amtliche Lagepläne“.

Die Formulierung der Umstände, unter welchen ein Amtlicher Lageplans zwingend anzufertigen ist, sind leider nur für Fachleute unmittelbar verständlich, bedeuten aber im Wesentlichen, dass ein Amtlicher Lageplan immer dann anzufertigen ist, wenn die geometrische Genauigkeit der Katasterkarte nicht ausreichen mag. Letztlich aus demselben Grunde ist er obligatorisch, wenn Baulasten auf dem Baugrundstück oder den Nachbargrundstücken vorhanden sind, denn auch die räumliche Abgrenzung von Baulasten erfolgte in der Vergangenheit nicht mit Zentimetergenauigkeit.

Lagepläne nach § 3 BauPrüfVO NRW dürfen grundsätzlich von jedem Bauvorlageberechtigten angefertigt werden. Erst wenn „besondere Grundstücksverhältnisse“ es erfordern, kann verlangt werden, dass der Lageplan von einem Mitglied der Ingenieurkammer oder in letzter Konsequenz von einem ÖbVI oder einer Katasterbehörde angefertigt werden.

Damit ergibt sich unmittelbar, dass ein einfacher Lageplan sich nicht nur durch die Berufsbezeichnung des Verfassers und die Verwendung des Dienstsiegels von einem Amtlichen Lageplan unterscheidet. Die Lagepläne haben jedoch auch inhaltlich erhebliche Unterschiede:

1. Wenn das Baugrundstück so groß ist, dass weder Grund- noch Geschossflächenzahl noch die Abstandsflächen die Grenzen bzw. die Grenzwerte erreichen, mag eine Dezimetergenauigkeit der Liegenschaftskarte ausreichen. Wenn das Bauprojekt jedoch so geplant wird, dass die Abstandsflächen auf den Grundstücksgrenzen liegen, muss das Bauvorhaben auf

das Grundstück passen. Bis auf Ausnahmefälle ist dazu regelmäßig erforderlich, den Katasternachweis in die Örtlichkeit zu übertragen und anschließend auszuwerten. Dem Inhalt und der Sache nach entspricht dies einer regulären Katastervermessung. Folgerichtig enthält der Amtliche Lageplan nicht mehr die Koordinaten der Liegenschaftskarte, sondern durch die Vermessungsstelle neu berechnete Koordinaten.

2. Ähnlich verhält es sich mit den vorhandenen baulichen Anlagen auf dem Baugrundstück und den angrenzenden Grundstücken. Das Vermessungs- und Katastergesetz NRW kennt eine Reihe von Ausnahmen für die Gebäudeeinmessungspflicht. Nicht jede bauliche Anlage ist also in der Katasterkarte enthalten. Der Bestand der Katasterkarte muss also überprüft und ggf. erstmalig oder neu aufgemessen werden.
3. Das Dienstsiegel, das unter den Amtlichen Lageplan gesetzt wird, hat eine hohe Bedeutung. Mit der Beurkundung übernimmt die Vermessungsstelle die volle Verantwortung für die Richtigkeit der von ihr erhobenen Daten. Damit verbunden ist die Übernahme der Haftung für finanzielle Schäden. Nicht zuletzt ist die falsche Beurkundung rechtlich relevanter Tatbestände auch erheblich strafbewehrt.

In Zusammenfassung dieser Umstände ist der Amtliche Lageplan in den letzten Jahren auch zum Gegenstand einer bewährten Arbeitsteilung zwischen ÖbVI und Architekten/Entwurfsverfassern geworden. Die Auswertung des Liegenschaftskatasters, die örtlichen Vermessungsarbeiten und auch die äußerst komplexe Berechnung der Abstandsflächen sind letztlich fachliche Randbereiche der Entwurfsverfasser, bei denen Fehler nicht nur kostspielig sind, sondern auch zu erheblichen persönlichen Haftungsrisiken führen können. Es liegt also nahe, einen spezifisch ausgebildeten Fachingenieur einzubinden, der nicht nur ein Produkt größter Zuverlässigkeit liefern kann, sondern aufgrund seiner beruflichen Regulierung auch noch die volle Haftung übernimmt. Hierin liegt der Umstand, dass in der letzten Novelle der BauPrüfVO der Amtliche Lageplan nicht nur angefertigt wurde, wenn er aufgrund der Umstände erforderlich war, sondern auch, wenn er beantragt wurde. Der Amtliche Lageplan erfüllt also ein Bedürfnis der Baubeteiligten.

### Digitalisierung und Weiterentwicklung des Amtlichen Lageplans

Aufgrund der oben beschriebenen Entwicklungen und eines immer komplexeren Baurechts ist jedoch auch zu beobachten, dass die Lagepläne nach § 3 BauPrüfVO immer inhaltsreicher werden und oft kaum noch entziffert werden können. Dass Lagepläne heute immer noch als analoge Zeichnung ausgeführt und vorgelegt werden müssen, verschärft dieses Problem noch.

Parallel dazu wird der Planungsprozess im Bauwesen mit BIM auf völlig neue technische Grundlagen gestellt. BIM ist nicht nur völlig digitalisiert, es ist auch von vorneherein dreidimensional. Es liegt also nahe, auch den Lageplan auf eine dreidimensionale Grundlage zu stellen.

Der BDVI hat dazu in Kooperation mit der TU München und der RWTH Aachen Masterarbeiten begleitet, welche die Herstellung eines 3D-Lageplans zum Inhalt haben. Ziel ist dabei nicht nur, die Inhalte des Lageplans durch Nutzung der dritten Dimension klarer und übersichtlicher darzustellen und auf diese Art die Prüfung des Bauvorhabens zu beschleunigen, sondern auch, die Schnittstelle zu den Entwurfsverfassern zu verbessern. Bislang werden hier unterschiedlichste Formate verwendet, die von der Vorlage einer analogen Zeichnung über digitale Zeichnungen als PDF zu CAD-Formaten oder (in bislang seltenen Fällen) zu 3D-Modellen im IFC-Format reichen. Standardisierung ermöglicht Automation und tatsächlich ist es dringend erforderlich, an der Schnittstelle zwischen ÖbVI und Entwurfsverfassern deutlichen Produktivitätsverbesserungen zu erreichen.

### Prozess zur Erstellung eines dreidimensionalen Lageplans

Im Folgenden wird ein möglicher Prozess zur Erstellung eines 3D-Lageplans zum Baugesuch und dessen Integration in den BIM-Prozess beschrieben. Hauptakteure in diesem Prozess sind ein ÖbVI,

der für die Erstellung des Lageplans und für die Ermittlung der Abstandsflächen zuständig ist, sowie ein Architekturbüro, das den Entwurf des Gebäudes erstellt. Der Prozess beginnt bei der Erhebung der Grundlagendaten für den 3D-Lageplan zum Baugesuch (Prozess P1 in der folgenden Abbildung) und endet mit der Einreichung des Baugesuchs bei der Genehmigungsbehörde (Prozess P6).

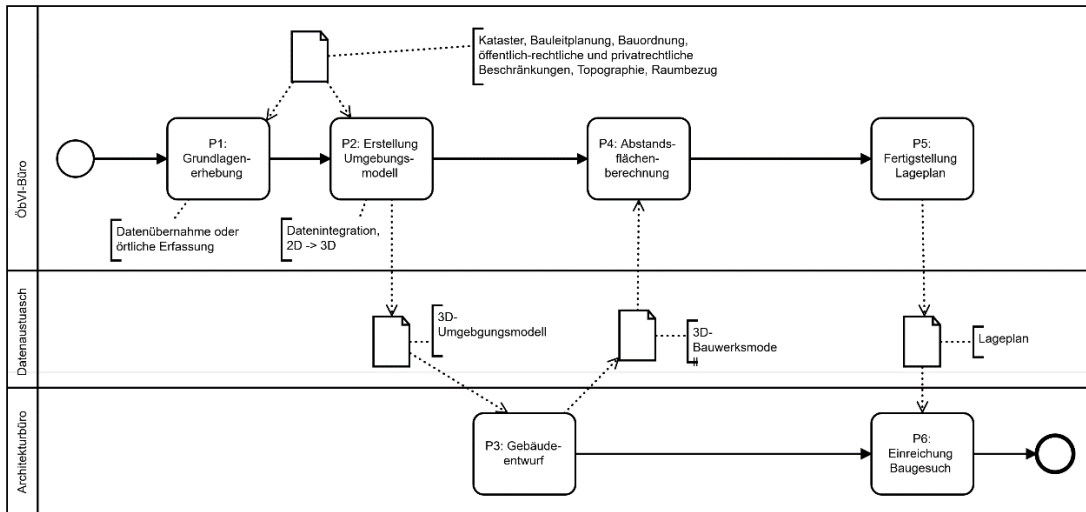


Abb. 2.6.1-1: Prozess zur Erstellung eines 3D-Lageplans.

Zur Grundlagenerhebung (P1) für den Lageplan, die vom ÖbVI durchgeführt wird, zählt die Übernahme von Geobasis- und Geofachdaten aus den Bereichen Liegenschaftskataster, Bauleitplanung, Bauordnung, öffentlich-rechtliche und privatrechtliche Beschränkungen, Topographie (Geländeform, Gewässer, Vegetation, 3D-Gebäudemodelle LOD2 ...), Erschließung (Verkehr, Ver- und Entsorgung). Teilweise können die Daten nachrichtlich aus vorhandenen GIS-Datenbeständen (z. B. ALKIS) übernommen werden, teilweise sind aber auch örtliche Vermessungsarbeiten erforderlich. Je nach Qualität des Liegenschaftskatasters (gerechnete Koordinaten, grafisch ermittelte Koordinaten etc.) müssen im Rahmen der Grundlagenerhebung auch Grenzermittlungen durchgeführt sowie ein spannungsfreies Projektkoordinatensystem definiert werden (vgl. Einführung dieses Kapitels und Kapitel 2.1).

Basierend auf den erhobenen Grundlagen wird ein 3D-Umgebungsmodell erstellt (P2). Dieser Schritt umfasst die Integration der oben genannten Daten sowie die Erzeugung von 2,5D- bzw. 3D-Geometrien für die ursprünglich in 2D vorliegenden Geobasis- und Geofachdaten. In Abhängigkeit der Objektart werden unterschiedliche Verfahren für die Erzeugung von 2,5D- bzw. 3D-Geometrien genutzt. So können beispielsweise Bodenbedeckungsflächen, Verkehrsflächen und Flurstücksumringe über das Digitale Geländemodell (DGM) drapiert werden, während flächenhafte Vegetationsobjekte auf das Digitale Oberflächenmodell (DOM) projiziert werden können. Bei Leitungen und Hausanschlüssen können Höhenangaben aus textuellen Angaben in 2D-Plänen entnommen werden. Für punkthaft vorliegende Vegetationsobjekte und Objekte der Straßenmöblierung lassen sich Prototypen aus 3D-Bibliotheken verwenden.

Das 3D-Umgebungsmodell wird anschließend in einer Form an das Architekturbüro übergeben, die eine Weiterverarbeitung in einem BIM-Autorensystem erlaubt und für den Gebäudeentwurf (P3) genutzt wird.

Das auf Grundlage des 3D-Umgebungsmodell erstellte 3D-Bauwerksmodell wird an den ÖbVI zurückgegeben, sodass dort eine Abstandsflächenberechnung erfolgen kann (P4). Sollten die Abstandsflächen nicht den Vorgaben der Bauordnung entsprechen, erfolgt eine Änderung des 3D-Bau-

werksmodells im Architekturbüro sowie eine erneute Abstandsflächenberechnung. Bei der Fertigstellung des Lageplans (P5) wird neben einem 3D-Visualisierungsmodell, das unter anderem der besseren Nachvollziehbarkeit komplexer Abstandsflächenberechnungen dient, ein 2D-Lageplan abgeleitet, der dann an das Architekturbüro übergeben wird und für die Einreichung des Baugesuchs bei der Genehmigungsbehörde (P6) verwendet wird.

### Mögliche Lösungsansätze

Mögliche Lösungsansätze zur Umsetzung einzelner Komponenten dieses Prozesses wurden von der TU München und der RWTH Aachen in Kooperation mit dem BDVI untersucht.

#### A) Konsistentes Umgebungsmodell

Das Umgebungsmodell ist eine wesentliche Komponente des oben beschriebenen Prozesses zur Erstellung eines dreidimensionalen Lageplans. In der von BDVI und TUM gemeinsam betreuten Masterarbeit (vgl. Müller 2021) wurde eine Datenstruktur für das Umgebungsmodell auf der Basis von CityGML und nach den Anforderungen der BauPrüfVO NRW entwickelt. Eine standardisierte Datenstruktur für das Umgebungsmodell ist hilfreich, um den im Prozess vorgesehenen Datenaustausch zwischen ÖBVI- und Architekturbüro effizient zu gestalten. Sollen zudem automatische Prüfroutinen bei der Planerstellung oder bei der Prüfung des Plans in einem digitalisierten Baugenehmigungsverfahren zum Einsatz kommen, so sind ebenfalls eine definierte Datenstruktur und ein konsistenter Datensatz bestehend aus Umgebungsmodell und geplantem Bauwerk erforderlich.

Die Anforderungen an eine derartige Datenstruktur lassen sich wie folgt zusammenfassen:

4. Das Datenmodell muss vollständig sein in Bezug auf die erforderlichen Objektarten. Letztere können in physische und logische Objekte untergliedert werden. Zu den physischen Objekten, die nach BauPrüfVO NRW in einem Lageplan darzustellen sind, soweit es für die Beurteilung des Bauvorhabens erforderlich ist (siehe oben) zählen Bauwerke, Geländeform, Objekte der Erschließung (Verkehr, Ver- und Entsorgung) sowie weitere topographische Objekte wie Gewässer und Vegetation. Daneben spielen Objektarten eine wesentliche Rolle, die keine physischen Objekte repräsentieren und daher als „logische Objekte“ bezeichnet werden können. Beispiele für logische Objekte sind Flurstücke, Festsetzungen des Bebauungsplans, Veränderungssperren, Sanierungsgebiete, Abstandsflächen bzw. Abstandsräume im dreidimensionalen Raum, öffentlich-rechtliche Beschränkungen, privatrechtliche Beschränkungen wie Abstandsflächenübernahmen. Sowohl physische als auch logische Objekte können weiter nach Bestand und Planung untergliedert werden.
5. Die Datenstruktur muss an den Anforderungen automatischer Prüfroutinen orientiert sein. Beispielsweise müssen die geplanten Bauwerke so zerlegt werden, dass eine automatische Abstandsflächenberechnung erforderlich ist. Dies erfordert eine semantische Zerlegung der Gebäudehülle, wobei die Repräsentation in flächenhafte Objekte anstatt der im 3D-Gebäudeentwurf üblichen volumetrischen Objekte vorteilhaft für automatisierte Abstandsflächenberechnungen ist.
6. Metadaten müssen auf Datensatz- und Objektebene repräsentiert werden können. Für eine korrekte Interpretation der Planinhalte, aber auch im Zusammenhang mit den oben genannten Haftungsfragen muss die Datenstruktur entsprechende Metadatenelemente definieren. Metadaten auf Datensatzebene sind beispielsweise Angaben zum Planverfasser und Raumbezug. Metadaten auf Objektebene können beispielsweise Genauigkeitsangaben beinhalten und Objekte kennzeichnen, die nachrichtlich in den Plan übernommen wurden.
7. Die Datenstruktur muss interoperabel mit existierenden, standardisierten Datenmodellen sein. Für Teilbereiche der oben genannten Objektarten existieren bereits standardisierte Da-

tenmodelle wie ALKIS, CityGML, INSPIRE, IFC und XPlanung. Es gibt jedoch kein standardisiertes Datenmodell, das alle Objektarten umfasst und dreidimensional repräsentiert. Die Datenstruktur für einen dreidimensionalen Lageplan muss an die vorhandenen Datenmodelle angelehnt sein, um den Aufwand für die Integration vorhandener Daten (Prozess P2 in Abbildung 2.6.1-1) zu minimieren.

Vor dem Hintergrund dieser Anforderungen wurde im Rahmen der Kooperation aus BDVI und TUM eine neue Datenstruktur für einen dreidimensionalen Lageplan definiert. Als Grundlage wurde der internationale Standard CityGML genutzt, der zur dreidimensionalen Repräsentation der oben genannten physischen Objekte bereits entsprechende Objektklassen vorsieht, wobei sich die semantische Zerlegung der Gebäudehülle sehr gut für automatische Abstandsflächenberechnungen eignet. Zur Repräsentation der logischen Objekte und der Metadaten wurde eine Erweiterung des standardisierten Datenmodells als sogenannte CityGML Application Domain Extension (ADE) entwickelt, die im Folgenden mit SitePlan ADE bezeichnet wird. Objektklassen aus bestehenden internationalen sowie nationalen Standards wie INSPIRE und Land Administration Domain Model (LADM) bzw. XPlanung und ALKIS wurden möglichst unverändert übernommen, um den Datenintegrationsprozess zu vereinfachen. Hilfreich erwiesen sich dabei eine Reihe von Konzepten, die mit der neuen CityGML-Version 3.0 in den Standard Einzug hielten (Details zu CityGML 3.0 siehe Kapitel 2.7.3). So konnte das CityGML-Space-Konzept genutzt werden, um Abstandsräume als CityGML logical spaces zu repräsentieren. Das überarbeitete LOD-Konzept erlaubte es, Objekte der Gebäudehülle wie Wand- und Dachflächen sowie Gebäudeinstallationen wie Balkone und Gauben im für die Abstandsflächenberechnung erforderlichen Detaillierungsgrad zu repräsentieren. Schließlich ist es mittels der neu eingeführten CityObjectRelation möglich, Beziehungen zwischen Stadtobjekten explizit zu repräsentieren. In der Datenstruktur für den dreidimensionalen Lageplan wurde diese Möglichkeit genutzt, um Komponenten des geplanten Gebäudes mit den resultierenden Abstandsflächen zu verlinken. Dies trägt zur Nachvollziehbarkeit der Berechnungen von Abstandsflächen- bzw. Abstandsräumen auch in komplexen baulichen Situationen bei.

Die folgende Abbildung zeigt das Beispiel eines dreidimensionalen Lageplans (geplantes Gebäude und Umgebungsmodell), der auf Basis der CityGML SitePlan ADE mit der Software FME erzeugt wurde. Die Erzeugung von 3D-Geometrien aus 2D-Datensätzen erfolgte dabei automatisch nach dem im Abschnitt 3 (P2) beschriebenen Verfahren.

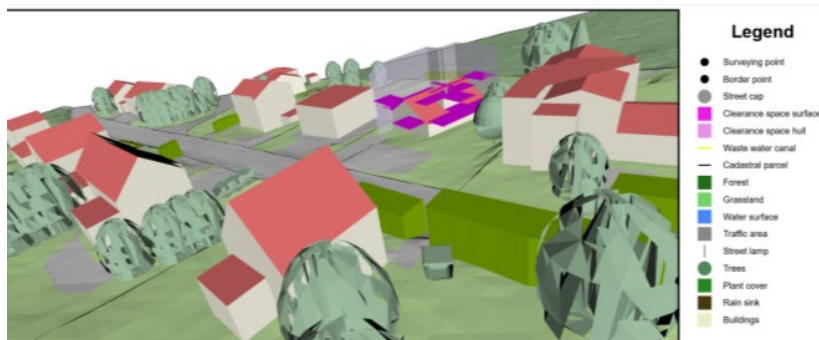


Abb. 2.6.1-2: Visualisierung eines dreidimensionalen Lageplans nach der CityGML SitePlan ADE (Müller 2021).

Als Beispiel für eine automatische Prüfroutine wurde die Abstandsflächenberechnung nach BauprüfVO NRW implementiert. Die Prüfroutine nutzt einen ausgewählten thematischen Ausschnitt der SitePlan ADE als Input-Datenstruktur und reichert den dreidimensionalen Lageplan mit den Ergebnissen der Berechnung in Form von Abstandsflächen und Abstandsräumen an. Die einzelnen Teilflächen werden jeweils auf der Höhe jenes Bauteils dargestellt, das ursächlich für die Teilfläche ist



(siehe Abbildung 2.6.1-3). Die Abstandsfläche des Gebäudes entsteht durch die Projektion aller Teilflächen auf die Referenzhöhe des Gebäudes (z. B. OK Rohboden Erdgeschoss) und anschließender Vereinigung. Der Abstandsraum entsteht schließlich durch Extrusion der Abstandsfläche.

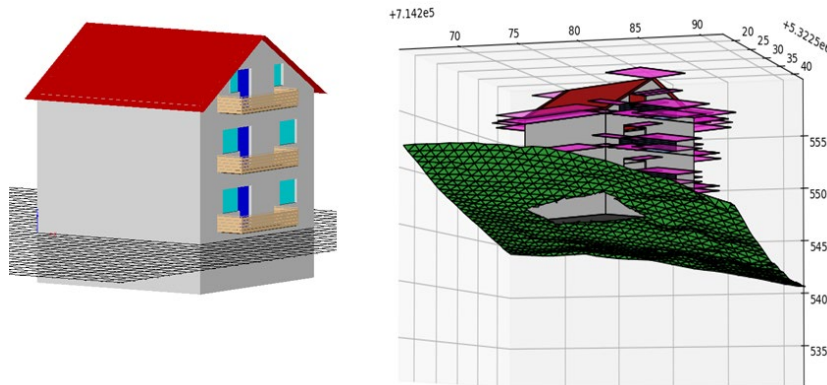


Abb. 2.6.1-3: Automatisierte Abstandsflächenberechnung. Links das Input-Gebäude und Gelände-modell, rechts das Ergebnis der Berechnung mit den einzelnen Teilflächen (Müller 2021).

### B) Konvertierung von Gebäuden und Abstandsräumen von CityGML nach IFC zur Integration in BIM-Software

Am Geodätischen Institut und Lehrstuhl für Bauinformatik & Geoinformationssysteme der RWTH Aachen wurde im Zuge einer Masterarbeit (Jansen, 2021) eine Konvertierung von CityGML SitePlan ADE nach IFC realisiert. Hierzu wurde eine Softwarekomponente in Python und IfcOpenShell (IfcOpenShell 2020) erstellt, die in der Lage ist, Gebäude und deren Abstandsflächen aus dem durch die Masterarbeit an der TU München für den Lageplan erweiterten CityGML-Format in das IFC-Format zu überführen (Abbildung 2.6.1-4).

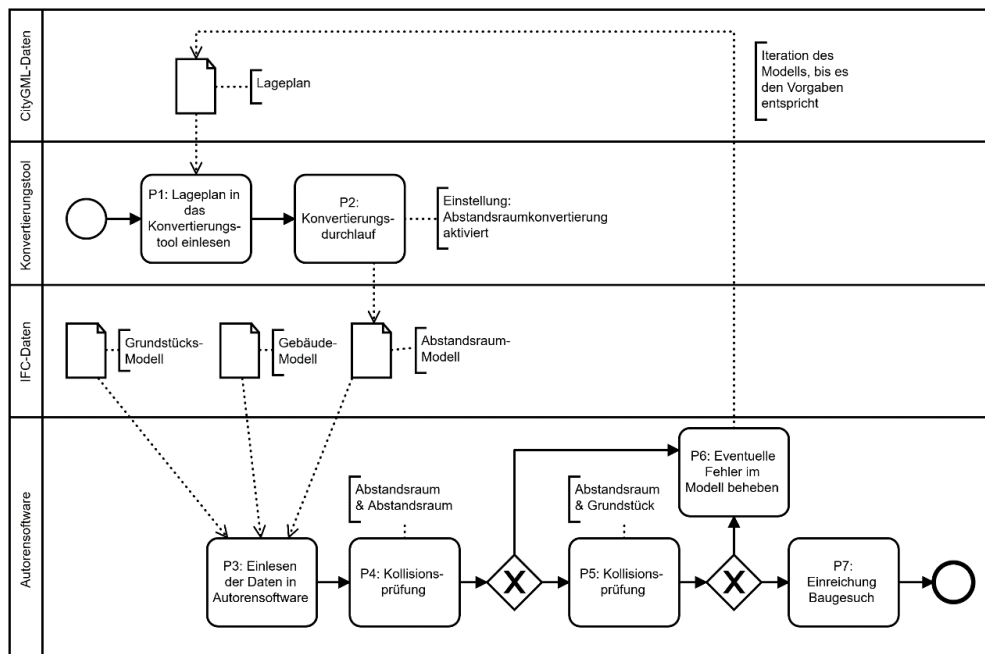


Abb. 2.6.1-4: Prozessdiagramm zur Konvertierung von Gebäuden und Abstandsräumen von CityGML nach IFC zur Integration in BIM-Software.

Dem Prinzip der volumetrischen 3D-Repräsentation aus BIM folgend, wurden die Abstandsflächen als sogenannte Abstandsräume betrachtet. Dies entspricht im Grunde auch der rechtlichen Funktion, da es rechtlich um die Freihaltung von unbebauten Räumen im Umfeld von Gebäuden geht. Daher liegen die Abstandsflächen bzw. Abstandsräume auch bereits in CityGML als Abstandsflächen, allerdings in der dem GIS-Paradigma folgenden Oberflächenmodellierung vor. Bei der Konvertierung werden nun die als Ober- bzw. Begrenzungsflächen modellierten Gebäude und Abstandsräume in parametrisierte Volumenelemente nach dem Modellierungsparadigma des BIM überführt. Die Weiterentwicklung basiert auf einem von Salheb (2019) entwickelten Skript zur Konvertierung von CityGML nach IFC. Die entstehende herstellerneutrale IFC-Datei kann dann in BIM-Autoren- oder Koordinationssoftware eingelesen werden. Abbildung 2.6.1-5 zeigt beispielhaft ein in die Autorensoftware Autodesk Revit importiertes Gebäude mit Abstandsraum.

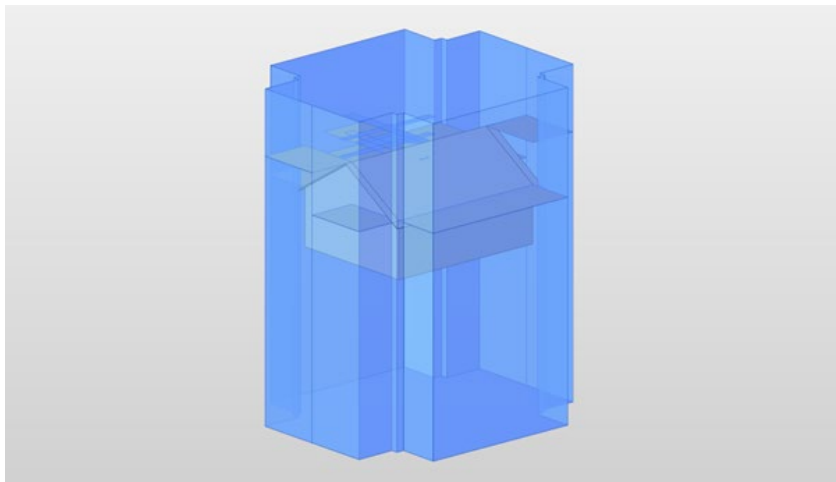


Abb. 2.6.1-5: Gebäude mit Abstandsraum in der Autorensoftware Revit.

Damit behebt die entwickelte Konvertierungssoftware die bisher bestehende Schnittstellenproblematik zwischen verschiedenen Dateiformaten. Die Software kann im Prozess des BIM-basierten Bauantrags als Schnittstelle zwischen dem amtlichen Lageplan und dem BIM-Modell dienen, um Aspekte des amtlichen Lageplans zur Weiterverwendung in BIM-Autoren- oder Koordinationssoftware zu überführen.

Neben den Möglichkeiten des ÖBVI können nun auch in der BIM-Software für das Antragsmodell Kollisionsprüfungen zwischen Gebäuden, Abstandsräumen oder Grundstücksgrenzen vorgenommen werden. Eine solche Prüfung setzt jedoch voraus, dass die zu überprüfenden Objekte sich alle innerhalb eines BIM-Modells befinden. Hierzu werden die Inhalte des Lageplans zunächst in das Konvertierungstool eingelesen (P1) und anschließend konvertiert (P2). Die Abstandsräume können dabei separat von den restlichen Objekten des Lageplans konvertiert werden. Ist im BIM-Modell die Datengrundlage der Grundstücksgrenzen und der Gebäudemodelle bereits vorhanden, werden mit dem Tool allein die Abstandsräume aus dem Lageplan ausgelesen und konvertiert. Dies hat den Vorteil, dass im BIM-Modell später keine Redundanzen entstehen.

Die so entstehende IFC-Datei kann anschließend in eine Autorensoftware eingelesen (P3) und in das hierin bestehende Antragsmodell eingefügt werden. Das Antragsmodell sollte nun alle relevanten Daten, wie z. B. Gebäude, Grundstücksgrenzen und Abstandsräume, enthalten. Im nächsten Schritt kann das Antragsmodell auf Kollisionen überprüft werden. Diese Prüfung kann in Autorensoftware wie Autodesk Revit oder BIM-Kollaborationssoftware mithilfe spezieller, in der jeweiligen Software enthaltenen Funktionen durchgeführt werden. Hierbei wurden beispielhaft zwei Fälle untersucht:

8. Es soll geprüft werden, ob die Abstandsräume des betrachteten Objektes die Abstands-räume seiner Nachbargebäude überschneiden (P4). Sollte eine solche Kollision vorliegen, muss das Antragsmodell überarbeitet werden (P6). Ein Beispiel einer solchen Kollision ist in Abbildung 2.6.1-6 dargestellt. Hier ist das Ergebnis einer Kollisionskontrolle zwischen zwei Abstandsräumen in der Autorensoftware Revit abgebildet. Auffällig ist, dass sich die Abstands-räume überschneiden und somit eine Kollision der Objekte angezeigt wird, indem diese von der Software gelb markiert werden.
9. Es soll überprüft werden, ob der Abstandsraum des betrachteten Objektes die betreffende Grundstücksgrenze überschreitet (P5).

In beiden Fällen muss das Antragsmodell so angepasst werden, dass die Kollisionen vermieden werden. Eventuell vorgenommene Anpassungen im Antragsmodell müssen auch im amtlichen Lageplan umgesetzt werden. Folglich würde ein neuer Lageplan in CityGML angefertigt, der wiederum in IFC konvertiert und in der BIM-Software überprüft würde (P1-P5). So könnten unrechtmäßige Konstellationen im Modell aufgedeckt und korrigiert werden, um schließlich eine genehmigungsfähige Version bei der Baugenehmigungsbehörde einreichen zu können (P7)).

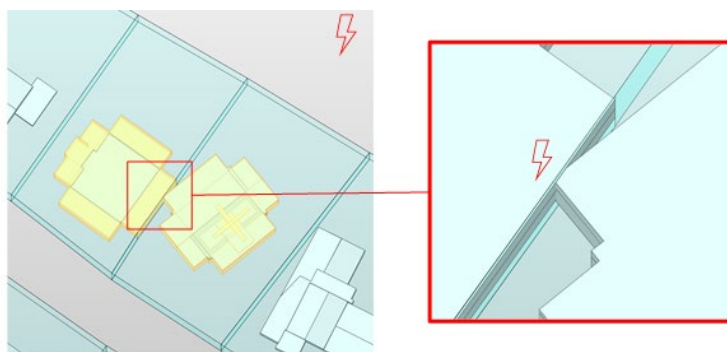


Abb. 2.6.1-6: Kollisionsprüfung des Abstandsraums mit dem benachbarten Abstandsraum bzw. der Grundstücksgrenze in der Autorensoftware Revit.

### Ausblick

Für den BIM-Prozess ist der interoperable Umgang mit Daten und Informationen sehr wichtig. Daher ist bei der Etablierung des BIM-basierten Bauantrags besonders darauf zu achten, dass Bestands- und Planungsdaten den Beteiligten in jedem Prozessstadium in ausreichendem Umfang und den richtigen Formaten zur Verfügung stehen. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen der Prozessbeteiligten an die von Ihnen genutzte Datengrundlage ist es sehr wahrscheinlich, dass besonders in der Planung und der Vermessung in Zukunft weiterhin unterschiedliche Formate genutzt werden. Daher ist es umso wichtiger einen praxistauglichen Weg zu schaffen, die Datengrundlagen ineinander zu überführen. Ein BIM-Prozess wird effizienter, je mehr Informationen in den interdisziplinären Modellen zur Verfügung stehen. Somit können die Planung, der Bestand und andere relevante Datengrundlagen möglichst ganzheitlich abgebildet werden. Die Erstellung eines konsistenten Umgebungsmodells nach der CityGML SitePlan ADE mit anschließender Konvertierung der CityGML-Daten in das IFC-Format zur Weiterverwendung in der einschlägigen BIM-Software hilft nicht nur die oben diskutierten Informationen in den BIM-Prozess einzubinden. Sie stellt auch eine Grundlage dar, auf der weitere potenzielle Vereinfachungen des Antragsprozesses entwickelt werden können. Der digitale 3D-Lageplan besitzt auch das Potenzial, ein Bestandteil des digitalen Bauantrags zu werden, wie er z. B. Bundesarchitektenkammer mit der Ad-hoc-Arbeitsgruppe „Digitaler Bauantrag“ forciert wird (Architektenkammer NRW, 2021). Der 3D-Lageplan könnte als Auszug aus dem BIM-Modell an die Baugenehmigungsbehörde übertragen oder der Baugenehmigungsbehörde ein entsprechend beschränkter Zugriff auf eine gemeinsame Datenumgebung zur Prüfung gewährt werden.

Dazu soll nun das im Programme ZukunftBau geförderte Projekt „3D\_Lageplan zum Baugesuch“ beitragen. Ziel des Projekts ist es, ein die Domänen BIM und GIS übergreifendes Informationsmodell für einen 3D-Lageplan zu schaffen. Das Informationsmodell ist die Grundlage für die Integration zwischen BIM- und GIS-basierten Prozessen, für die Automatisierung von Berechnungs- und Prüfroutinen in den beiden Domänen und für das Einfügen des 3D-Lageplans als integraler Bestandteil in den digitalen Baugenehmigungsprozess.

## Literatur

Architektenkammer NRW (2021): <https://www.aknw.de/berufspolitik/special-digitalisierung/digitaler-bauantrag>.

IfcOpenShell (2020): IfcOpenShell – the open source ifc toolkit and geometry engine. <http://ifcopenshell.org/> (Juli 2021).

Jansen, C. (2021): BIM-gerechter 3D-Lageplan zum Baugesuch. Masterarbeit, RWTH Aachen, Geodätisches Institut und Lehrstuhl für Bauinformatik & Geoinformationssysteme (unveröffentlicht).

Müller, F. (2021): Entwicklung einer CityGML Application Domain Extension: Der Amtliche Lageplan in 3D. Master Thesis, TUM, Lehrstuhl für Geoinformatik (unveröffentlicht).

Salheb, N. (2019): Automatic Conversion of CityGML to IFC. MSc Thesis in Geomatics for the Built Environment. TU Delft. <https://github.com/nsalheb/CityGML2IFC>(Juli 2021).

## 2.6.2 Verlinkte Datencontainer für die Datenübergabe

*Beitrag von Christian Clemen und Pascal Poßner*

Ein Trend in der allgemeinen Informationstechnologie ist „Verlinken statt Konvertieren“. Im Folgenden wird ein Ausblick zur Anwendbarkeit von Linkmodellen zur Verbindung von Building Information Modeling (BIM) mit Geoinformation und Geodäsie gegeben. Linkmodelle verbinden Daten aus unterschiedlichen Fach- und Datenmodellen über persistente Links, um deren Informationsräume, mit dem Ziel einer automatisierten Auswertung zusammengehörender Informationen durch kombinierte Datenabfragen und -filterungen, zu erweitern und gemeinsam zu nutzen.

### Multimodell

Das sogenannte Multimodell ist ein Konzept zur Bündelung heterogener Fachmodelle unterschiedlicher Domänen sowie zur Verbindung der in diesen Domänen enthaltenen Elemente in externen ID-basierten Linkmodellen. Diese Fachmodelle werden im Multimodell als Elementarmodelle (EM) bezeichnet. Deren Informationselemente werden über Links (L) lose gekoppelt und innerhalb von aufgabenspezifischen Linkmodellen (LM) zusammengefasst.

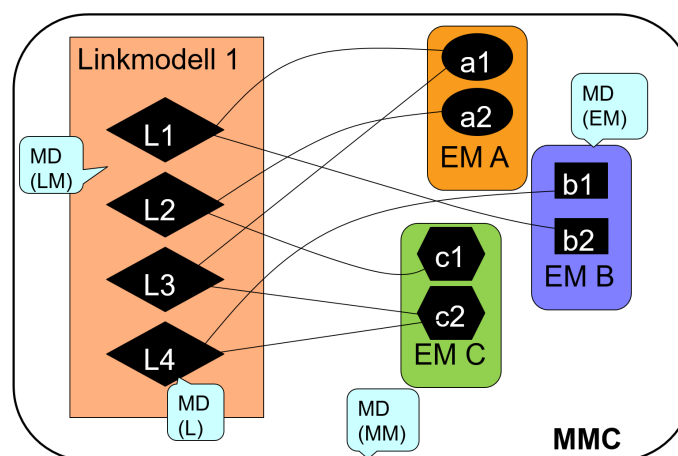


Abb. 2.6.1-7: Kernkonzept eines Multimodellcontainers (MMC) nach Fuchs (2015).

Das Multimodell lässt sich also im Grunde als Behälter bzw. Container (MMC) für Elementarmodelle, Linkmodelle, Links und Metadaten (MD) zu all diesen Komponenten, zusammenfassen.

In Links werden Elemente mithilfe eindeutiger Identifikatoren (ID) referenziert. Die Voraussetzung an jedes Elementarmodell besteht also darin für alle zu verbindenden Elemente eine solche ID zu besitzen, die innerhalb des Elementarmodells eindeutig sind.

Erzeugt wird der Mehrwert der verbundenen Informationsräume über sogenannte Datensichten (Views), die einen Teil des Datenbestands der verlinkten Fachmodelle tabellarisch darstellen. Dabei wird eine Abfragesprache namens MMQL, mit einer Syntax ähnlich der Datenbank-Abfragesprache SQL, genutzt, um beispielsweise über Informationen eines Elementarmodells gezielte Daten eines anderen Modells herauszufiltern. Die Query-Language dient allgemein als Schnittstelle zur Kommunikation zwischen Multimodell und Nutzer. Über Sie werden Linkmodelle erzeugt, verändert und gelöscht, sowie Informationsabfragen durchgeführt.

Die Multimodell-Technologie findet bereits Anwendung in der Praxis um beispielsweise digitale Bauwerksmodelle mit Leistungsverzeichnissen der deutschen DIN SPEC 91400 zu verknüpfen und für einen gemeinsamen Datenaustausch zu nutzen.

### Information Container for Data Drop (ICDD)

Eine weitere Technologie zur Umsetzung von Linkmodellen findet sich im Information Container for Data Drop (ICDD), die durch ISO/TC 59/SC 13, dem „Technical Committee, Organization and digitalization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling“ normiert werden. Der ICDD Standard hat zwei Teile:

- Part 1 (ISO/CD 21597-1) zur Beschreibung der Grundlegenden Struktur des Containerformats und dessen zugrunde liegenden Ontologien, Daten und Links;
- Part 2 (ISO/CD 21597-2) beinhaltet die Beschreibung der „Dynamic Semantics“-Ontologie, einer Erweiterung der Basis-Ontologien aus Part 1.

Ähnlich dem Multimodell soll auch mit dem ICDD die semantische Interoperabilität zwischen Daten bzw. Informationen mit unterschiedlichen Datenformaten und Domänenzugehörigkeit hergestellt werden. ICDD stellt ein generisches Containerformat zur Speicherung und Übergabe von Dokumenten und Verbindung, zuvor getrennter Daten dar. Den hauptsächlichsten Unterschied zum Multimodell bildet dabei die Nutzung von „Semantic Web“-Kerntechnologien, namentlich RDF (Resource Description Framework), OWL (Web Ontology Language) und SPARQL (SPARQL Protokoll and RDF Query Language). So werden Verbindungen zwischen Datenelementen als Triples aus Subjekt, Prädikat und Objekt innerhalb des Formats RDF formuliert. Jeder Container wird dabei projektspezifisch konzipiert und enthält ontologische Beschreibungen der, in den Triples geforderten, bzw. möglichen Datenstruktur.

Der Begriff Ontologie wird in der Informatik allgemein als „explizite formale Spezifikation einer gemeinsamen Konzeptualisierung“ definiert. Eine Ontologie stellt hierbei einen Wissensbereich unter Nutzung von standardisierten Terminologien, Beziehungen und Ableitungsregeln für in diesem Wissensbereich enthaltene Begriffe dar. Der relevante Inhalt des Wissensbereichs wird in Klassen, Relationen, Funktionen und Axiome „übersetzt“ und innerhalb einer abgegrenzten Taxonomie zusammengefasst. Anwendung finden diese Ontologien in der Informatik zur Kommunikation zwischen Programmen oder Datenstrukturen, sowie automatisierter Wissensverwertung und logischen Schlussfolgerungen basierend auf den definierten Beziehungen und Eigenschaften der Datenelemente.

Ein einzelner ICDD-Container besteht aus

- den zu verbindenden Fachmodell-Daten (Payload Documents),
- den Links zwischen deren Elementen (Payload Triples),
- einer Index-Datei, die die Inhalte des gesamten Containers zusammenfasst
- sowie den Ontologien (Ontology Resources).

Die grundlegenden enthaltenen Standard-Ontologien beschreiben die Struktur der Komponenten des Containers.

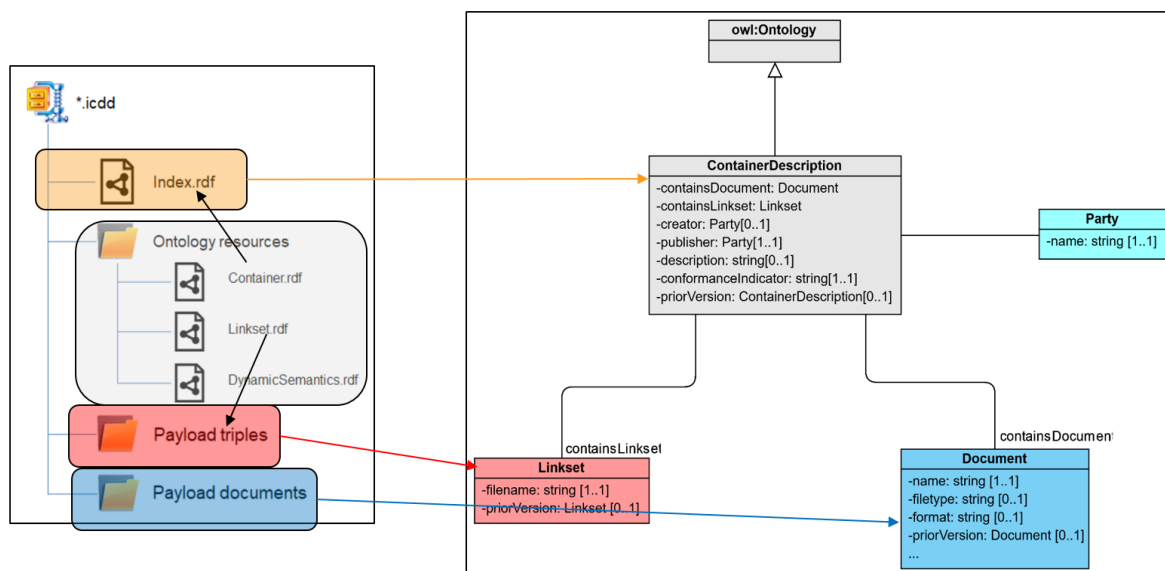


Abb. 2.6.1-8: ICDD Kernkonzept und Aufbau.

Im Part 2 der Norm liefert die „Dynamic Semantics“-Ontologie Basisklassen, die den Nutzer bei der Erstellung eigener aufgabenspezifischer Ontologien mit definierten Klassen, Eigenschaften, Hierarchien und Relationen unterstützen. Die Ontologien stellen für die verwendeten Fachmodelle das Äquivalent eines XSD-Schemas zu XML-Dateien dar. Sie beschreiben die gültige und zulässige Struktur der Containerinhalte für klare reibungslose Kommunikationen im Datenaustausch. Die Ontologien der verschiedenen Domänen werden im OWL Format gespeichert. Abfragen auf Fachmodelldaten im RDF erfolgen über die Abfragesprache SPARQL.

## Beschreibung des Anwendungsfalls CityGML und IFC

Eine fiktionale Verwaltung führt ein Stadtmodell eines Gebiets im CityGML-Datenformat und pflegt damit Geoinformationsdaten mit geometrischen, topologischen und semantischen Informationen. Der Datenbestand umfasst zunächst Gebäude, Straßen und Vegetation der Stadt.

Diese Verwaltung erhält von BIM-Managern detaillierte Bauwerksmodelle als IFC-Dateien für ein Genehmigungsverfahren. Diese enthalten neben der Konstruktion des Bauwerks vor allem detaillierte semantische Informationen zum Bauwerk und dessen einzelnen Bauteilen.

Ziel ist es, den spezifischen semantischen Informationsgehalt der BIM-IFC-Modelle mit dem CityGML-Datenbestand in Verbindung zu setzen und für diese Informationsgewinn gemeinsam nutzbar zu machen.

In Betrachtung der Basislinktypen liegen hier zum einen modellübergreifende Verbindungen homogener Domäne und Datenformat in Form der Gebäude und Straßen der CityGML-Daten vor. Die

Daten bilden dabei diversen Inhalt als Teilmodelle des gleichen Systems ab. Die herzustellende Verbindung zwischen CityGML-Straßen bzw. Gebäuden und IFC-Bauwerksmodellen ist als domänenübergreifende Verbindung heterogener Datenformate diversen Inhalts zu verstehen.

Zielstellung des Anwendungsfalls ist es, gefilterte Datensichten auf den erweiterten Informationsraum des Linkmodells zu ermöglichen, um beispielsweise gezielte Bauteilinformationen von Gebäuden, die an einer bestimmten Straße liegen, zu erhalten.

Zur Lösung der Problemstellung des Anwendungsfalls wird die Multimodell-Technologie verwendet. Dabei werden zur Erstellung der Links folgende Schritte abgearbeitet.

1. Sicherstellen, dass Datenformate der Fachmodelle von der Software gelesen und verarbeitet werden können (ggf. neue Viewer/Parser definieren).
2. Anlegen des Multimodells.
3. Import der Fachmodelle als Elementarmodelle.
4. Prüfung der Lesbarkeit von Elementarmodellen durch Abfragen an einzelnes Elementarmodell (per MMQL).
5. Herstellung notwendiger aufgabenspezifischer Linkmodelle zwischen Elementen der vorliegenden Fachmodelle mithilfe der Abfragesprache Multi-Model Query Language, siehe Abbildung 2.6.1-8.

Die Art der benötigten Linkmodelle richtet sich nach den Daten, die aus dem Multimodell und seinen Fachmodellen geliefert werden sollen. Es können nun Datenabfragen für den kombinierten Informationsgewinn, formuliert als Statements in MMQL, an das Multimodell abgesetzt werden.

Derzeit sind Multimodelle bzw. ICDD nur begrenzt im praktischen Einsatz (Ausnahme BIM-LV Container) aber Gegenstand sehr vieler Forschungsprojekte und Standardisierungsbestrebungen. Allerdings sind die Semantic Web Technologien (RDF, RDFS, OWL) sowie die Datenbanken (Triple Store) und Abfragesprachen (SPARQL, geoSPARQL) sehr komplex und – man kann es nicht anders sagen – im BIM/GIS Kontext eher als akademisch zu bezeichnen.

## Literatur

Fuchs, S. (2015): *Erschließung domänenübergreifender Informationsräume mit Multimodellen*. Berichte des Instituts für Bauinformatik, Heft 11. TU Dresden.

ISO 21597-1:2020: Information container for linked document delivery – Exchange specification – Part 1: Container <https://www.iso.org/standard/74389.html>.

W3C Standards Semantic Web: <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>.

### 2.6.3 Vorschlag für Lehrinhalte „Geodäsie und BIM“ +

*Beitrag von Vivien Volland, Beatrice Messmer, Thomas Klauer und Christian Clemen vom DVW AK3 „BIM“*

#### Problemstellung/Ziel

Der Arbeitskreis 3 „BIM: Building Information Modeling“ wurde 2023 im DVW berufen. Neben der Planung und Durchführung von Weiterbildungsveranstaltungen befasst sich der AK 3 mit der Lehre von BIM im Kontext der Geodäsie. Das „Lehr-Team“ setzt sich aus Professoren unterschiedlicher Hochschulen, Führungskräften aus Ingenieurbüros und wissenschaftlichen Mitarbeitern zusammen, welche im Bereich BIM in der Lehre tätig sind. Zielfragestellungen sind:

- Welche Kernkompetenzen müssen zum Thema „Geodäsie und BIM“ vermittelt werden?
- Wie können sich Lehrkräfte gegenseitig bei der BIM Lehre unterstützen?
- Wie können die Ideen zur Lehre an weitere Lehrende kommuniziert werden?

Seit Ende 2023 wurde sich ausführlich damit befasst, was die Kerninhalte in der Lehre sind bzw. sein sollten und was von Unternehmen und der öffentlichen Hand erwartet und als notwendig betrachtet wird. Betrachtet wurden hierbei Berufsausbildungen (Schwerpunkt Vermessungstechniker/Geomatiker) und Studienabschlüsse (Bachelor und Master) mit den Schwerpunkten Geodäsie und Geoinformatik (s. Abbildung 2.6.3-1).

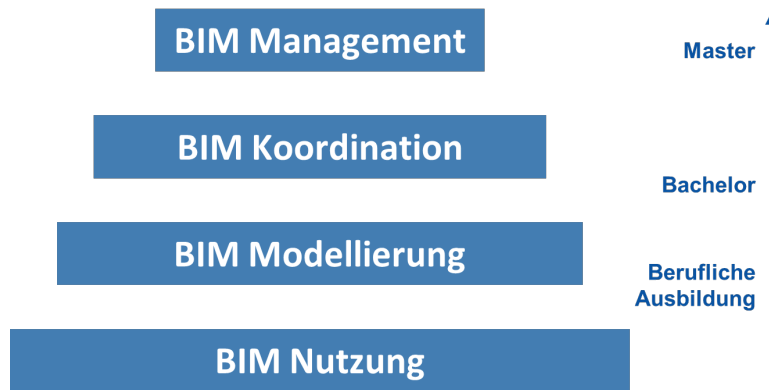


Abb. 2.6.3-1: BIM-Rollen als Struktur für die Lehre in „Geodäsie und BIM“ (in Anlehnung an VDI/bS 2019)

### Durchführung und Ausarbeitung

Auf Basis der eigenen Lehrerfahrung, Meinungsumfragen innerhalb des DVW Arbeitskreises und Workshops zu „BIM in der Lehre“ entstand ein umfassendes Bild und die Idee einer Handreichung für „BIM und Geodäsie“ in der Lehre. Hierbei wurden Lehrinhalte, fachliche Kompetenzen, didaktische Methoden, Softwaretools sowie Möglichkeiten und Herausforderungen der digitalen Lehre analysiert und strukturiert zusammengetragen.

Die Lehrinhalte sind in „BIM Grundlagen“ und „BIM und Geodäsie“ aufgeteilt. Erstere befassen sich mit allgemeinen BIM Themen, die alle Akteure aus der Bau- und Immobilienbranche betreffen. Hierunter zählt die Definition der Building Information Modeling Methode, Richtlinien und Normen, Akteure und Verbände, allgemeine Modellierungsparadigmen sowie managementrelevante Inhalte für die Implementierung der BIM-Methode in Unternehmen und Behörden. Da die Geodäsie in vielen Bereichen des BIM-Lebenszyklus (s. Abbildung 2.6.3-2) wichtige Aufgaben übernimmt, sind fachbezogenen Inhalte zur Geodäsie im BIM-Kontext sehr entscheidend für die Lehre. In diesem Abschnitt finden sich Inhalte zu unterschiedlichen BIM-Modellen (Fachmodelle, Umgebungsmodell, as-built-Modelle und weitere), sowie den Themen Monitoring, Georeferenzierung, Punktwolken, BIM und GIS. Außerdem sind Prozesse wie „Scan2BIM“ und „Scan vs. BIM“ aufgeführt sowie Forschung und Entwicklung.



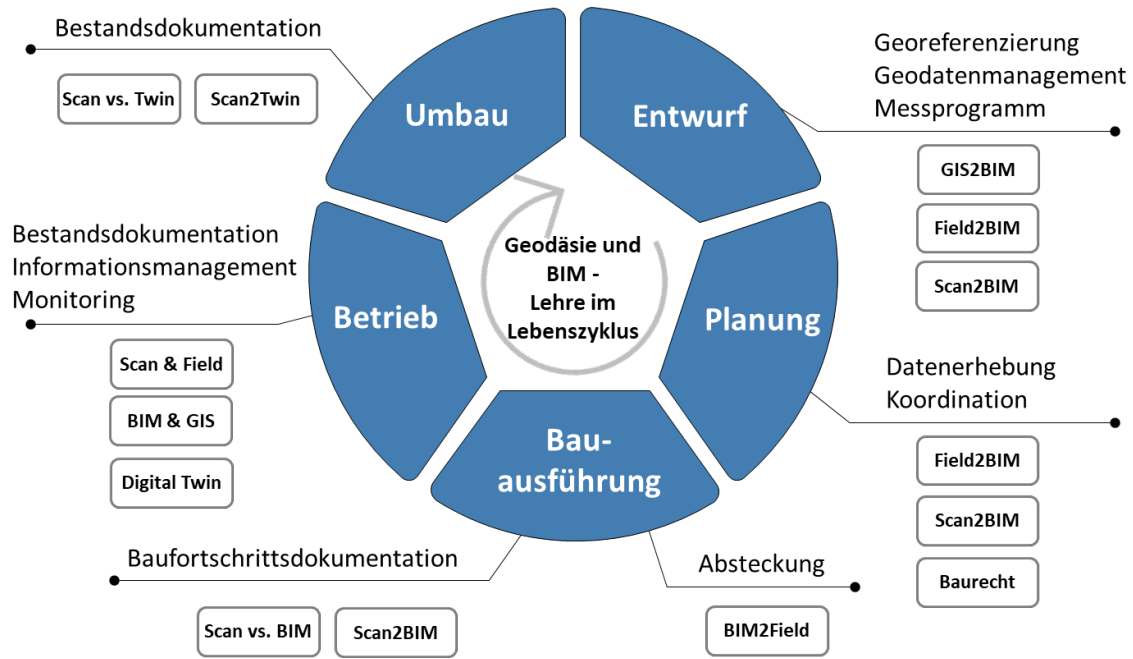


Abb. 2.6.3-2: BIM-Lehrinhalte im Lebenszyklus der gebauten Umwelt mit Bezug zur Vermessung und Geodatenmanagement (in Anlehnung an Becker; Volland 2023)

Die folgende Tabelle bildet eine Übersicht der Lehrthemen sowie eine Einordnung zur Eignung der jeweiligen Bildungswege ab.

1. BIM Grundlagen	Geeignet für ...
1.0 Einführung	Alle
1.0.1 BIM-Definition	Alle
1.0.2 BIM-Bausteine	Alle
1.0.3 Die fünf BIM-Faktoren	Alle
1.1 Befindliche Normen und Richtlinien/BIM und Recht	Alle
1.1.1 Normen und Richtlinien	Alle
1.1.2 BIM und Recht	Alle
1.2 BIM Akteure und Verbände	Alle
1.3 Management	Alle
1.3.1 Anwendungsformen von BIM	Alle
1.3.2 Mehrwerte und Herausforderungen bei Einführung und Anwendung von BIM	Bachelor/Master
1.4 Informationsmanagement	Bachelor/Master
1.4.1 Objektorientierter Modellaufbau	Master
1.4.2 BIM-Arbeitsweisen/Datenaustausch (BIM Rollen, CDE, BCF)	Master
1.5 BIM-Anwendung	Alle
1.5.1 BIM-Implementierung	Alle
1.5.1.1 BIM-Implementierung im Unternehmen entlang der fünf BIM-Faktoren	Master, ggf. Bachelor
1.5.2 BIM-Werkzeuge	Bachelor / Master
1.5.2.1 Modellierung	insb. Berufsausbildung
1.5.2.3 Koordinierung	Alle
1.5.2.3 Qualitätssicherung (MVD, IDS)	Master
1.5.3 Interdisziplinäre Prozesse im Lebenszyklus von Bauwerken	alle

<b>2. BIM und Geodäsie</b>	
2.0 Fachmodelle	Alle
2.0.1 Umgebungsmodell	Alle
2.0.2 Baurechtsmodell	Alle
2.0.3 Bauausführung/-überwachung (Absteckung, Scan vs. BIM)	Alle
2.0.4 As-built	Master, ggf. Bachelor
2.0.5 Monitoring/Sensordaten/As-Is	Master, ggf. Bachelor
2.1 Georeferenzierung	Bachelor/Master
2.2 Punktwolken	Bachelor/Master, ggf. Ausbildung
2.3 BIM_GIS	Bachelor/Master
2.4 Softwareübersicht	Bachelor/Master
2.5 Qualitätssicherung	Master
2.6 Forschung und Entwicklung	Master

Tab. 2.6.3-1: Übersicht zu Themen in der Lehre „BIM und Geodäsie“

Lehrinhalte, Lernziele und Kompetenzen sowie die möglichen Lehrmethoden sind in detaillierter Ausführung unter folgendem QR-Code zu finden:



### Fazit/Ausblick

Ziel dieser Handreichung ist es, einen Vorschlag für Lehrinhalte, die als notwendig und relevant für eine gute Ausbildung im Bereich Geodäsie und BIM gesehen werden, darzulegen. Die tabellarische Darstellung der Inhalte kann als praktische Orientierungshilfe für die Lehre genutzt werden.

Aufgrund der kontinuierlichen Weiterentwicklung der BIM-Methode und der fortschreitenden Digitalisierung ergeben sich stetig neue Möglichkeiten, um relevante Themen in die BIM-Lehre zu integrieren. Dabei müssen neue didaktische Methoden entwickelt werden und das modellbasierte Planen, Bauen und Betreiben mit den Lehrinhalten der Vermessung und des Geodatenmanagements verknüpft werden. Die zahlreichen positiven Lehrbeispiele aus dem DVW AK3 „BIM“ haben gezeigt, dass besonders das interdisziplinäre Lernen und Lehren mit Architektur, Bauingenieurwesen, Maschinenbau und Facility Management einen hohen Mehrwert für „Geodäsie und BIM“ in Lehre birgt.

### Literatur

- Becker, D.; Volland, V. (2023): „BIM – Laserscanning: Erfahrungen aus der Lehre, Beispiele aus der Praxis“, Vortrag auf dem 6. Frankfurter BIM-Symposium am 30.08.2023
- VDI/bS (2019) Richtlinie 2552 Blatt 8.1: Building Information Modeling - Qualifikationen – Basiskenntnisse, Germany: VDI & buildingSMART Richtlinie.

## 2.7 BIM und GIS-Integration – standardisierte, offene Datenformate

Beitrag von Andreas Donaubaue, Tatjana Kutzner, Ulrich Gruber †, André Borrmann und Kai-Uwe Krause

### 2.7.1 Einführung

Die im Lebenszyklus eines Bauwerks genutzten IT-Systeme entstammen unterschiedlichen Fachdisziplinen mit ihren jeweiligen Methoden, Systemen und Datenmodellen (vgl. Abbildung 2.7-1).

Domäne	AEC/FM	Geospatial
Methode	Building Information Modeling (BIM)	Urban Information Modeling (UIM)
System	CAD	GIS
	(+ Simulatoren)	(+ Simulatoren)
Datenmodell	z.B. Industry Foundation Classes (IFC)	z.B. CityGML

Abb. 2.7-1: Methoden, Systeme und Datenmodelle aus den Domänen Architecture, Engineering and Construction/Facility Management bzw. Geospatial.

Einige Prozesse bei der Planung, beim Bau, bei der Nutzung und bei der Nachnutzung von Bauwerken erfordern den Austausch von Informationen zwischen diesen Domänen. In der AEC/FM-Domäne fand der Austausch von Geometrie bisher meist durch firmenspezifische und nicht genormte CAD-Schnittstellen statt. CAD-Systeme haben sich von der Zeichnungsorientierung hin zur Objektorientierung weiterentwickelt, d. h., sie weisen nicht nur Strichzeichnungen, sondern auch Objekte wie Fenster, Öffnung, Wand, Geschoss, Gebäude mit (3D-)Geometrie, Parameter und Attribute in Form eines Digitalen Gebäudemodells nach. „Dabei kommt der Zusammenarbeit anhand von Bauwerksmodellen eine besondere Bedeutung zu. Nur wenn die Computermodelle der Beteiligten die jeweils notwendigen Informationen nach einheitlichen Regeln (IFC-Schnittstelle) abbilden und diese fehler- und verlustfrei zwischen den verschiedenen Computersystemen übertragen werden können, dann können auch kosten- und Arbeitszeit verursachende Kommunikationsprobleme wirtschaftlich bewältigt werden“ (IAI 2008).

In der *Geospatial*-Domäne haben sich ebenfalls objektorientierte, standardisierte Datenmodelle etabliert. Sollen Daten zwischen Systemen der AEC/FM- und der *Geospatial*-Domäne möglichst ohne Informationsverluste ausgetauscht werden, so ist das Verständnis der in der jeweils anderen Domäne genutzten Datenstruktur von großer Bedeutung. Standardisierte Datenmodelle liefern hierzu einen wichtigen Beitrag. Eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz und Verbreitung von fachübergreifenden Standards ist die Herstellerunabhängigkeit und die Offenheit bei der Entwicklung und Veröffentlichung der Dokumente. Die im Folgenden beschriebenen Standards wurden nach diesen Regeln entwickelt und weiterentwickelt. Ziel dieses Beitrags ist es, einen Überblick über die wichtigsten Konzepte standardisierter Datenmodelle aus den Bereich *Building Information Modeling* und *Urban Information Modeling* zu geben und darauf aufbauend Möglichkeiten zur Integration von Daten aus den beiden Domänen aufzuzeigen.

## 2.7.2 Industry Foundation Classes (IFC)

Bei IFC handelt es sich um ein konzeptuelles Datenschema und die Beschreibung eines standardisierten Datenformats für den verlustfreien, herstellerunabhängigen Datenaustausch. Der Standard beschreibt die Geometrie und die Semantik der Bestandteile von Gebäudemodellen. Die Pflege und Weiterentwicklung wird durch „BuildingSMART international“ koordiniert. Der deutsche Verband „buildingSMART e. V.“ ist Teil der internationalen Organisation und besteht aus ca. 180 Mitgliedern. IFC ist seit dem Release IFC4 im Jahr 2013 ein offizieller ISO-Standard – ISO 16739 und europäische Norm. IFC ist ein in der Datenmodellierungssprache EXPRESS deklariertes, objektorientiertes Datenmodell. Mit EXPRESS können Realweltobjekte als Entitäten (Klassen) mit Attributen und Beziehungen zu anderen Entitäten modelliert und unter Verwendung des Vererbungskonzepts auf Subtypen übertragen werden. Mit dem Booleschen Ausdruck im optionalen WHERE-Block werden Regeln für die Konsistenz der Daten und somit der Gültigkeit von Instanzen definiert. Neben der textuellen Notation gibt es in EXPRESS noch die grafische Beschreibung (EXPRESS-G).

### IFC Layer und Entitäten

Das IFC-Datenmodell ist aufgeteilt in die vier Hauptschichten: *Core Layer*, *Shared Layer*, *Domain Layer* und *Resource Layer*.

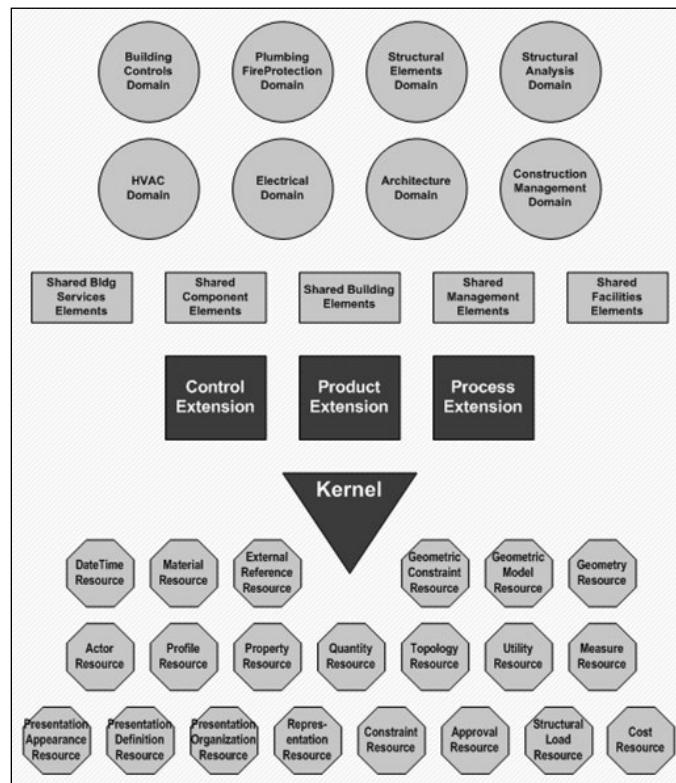


Abb. 2.7-2: IFC-Layerstruktur (buildingSMART 2013).

### Core Layer

Der *Core Layer* bildet die Grundlage und enthält die Basisklassen des Datenmodells, deren Struktur, Beziehungen und Konzepte in die höher liegenden Layer vererbt werden. Er besteht aus

- *IfcKernel* (abstrakte Basisklassen) und darauf aufbauend
- *IfcControlExtension* (Basisklassen für Steuerobjekte),
- *IfcProcessExtension* (Prozessinformationen) und
- *IfcProductExtension* (physische und räumliche Eigenschaften und Beziehungen).

### Shared Layer

Der *Shared Layer* enthält Zwischenspezialisierungen. Die vom Core Layer abgeleiteten Klassen können von dem höher liegenden Domain Layer genutzt werden. Er besteht aus

- *IfcSharedBldgElements* (wichtigste Klassen für die architektonische Gestaltung),
- *IfcSharedBldgServiceElements* (Grundtypen für Serviceszenarien),
- *IfcSharedComponentElements* (Subtypen für Befestigungselemente),
- *IfcSharedFacilitiesElements* (Informationen für Facility Management),
- *IfcSharedMgmtElements* (Informationen zum Management von Projektumfang, Kosten und Zeit).

### Domain Layer

Der *Domain Layer* enthält Klassen, die nur einer Domäne zugeordnet werden und nicht weiter spezialisiert oder referenziert werden können. Die definierten Domänen sind

- *IfcArchitectureDomain* (Architektur),
- *IfcBuildingControlsDomain* (Gebäudesteuerung),
- *IfcConstructionMgmtDomain* (Bauausführung),
- *IfcElectricalDomain* (Gebäudetechnik, elektrisch),
- *IfcHvacDomain* (Gebäudetechnik, Heizung-Klima-Lüftung),
- *IfcPlumbingFireProtectionDomain* (Gebäudetechnik, Sanitär- und Brandschutz),
- *IfcStructuralAnalysisDomain* (Strukturanalysen) und
- *IfcStructuralElementsDomain* (Bauelemente, Bauelementteile).

### Resource Layer

Der *Resource Layer* definiert Klassen, die im gesamten Datenmodell genutzt, aber nicht einzeln instanziiert werden können. Diese Klassen werden von *IfcRoot* abgeleiteten Objekten referenziert. Zum *Resource Layer* gehören

- *IfcActorResource* (Informationen zu Personen und Organisationen),
- *IfcApprovalResource* (Genehmigungen zu Objekten),
- *IfcConstraintResource* (Einschränkungen und Bedingungen),
- *IfcCostResource* (Kostenwerte),
- *IfcDateTimeResource* (Datum- und Zeitkonzepte),
- *IfcExternalReferenceResource* (externe Quellen),
- *IfcGeometricConstraintResource* (Objektplatzierung),
- *IfcGeometricModelResource* (geom. Formdarstellung),
- *IfcGeometryResource* (geom. Basiselemente),
- *IfcMaterialResource* (Materialdefinitionen),
- *IfcMeasureResource* (Einheiten),
- *IfcPresentationAppearanceResource*, *IfcPresentationDefinitionResource* (Stilelemente),
- *IfcPresentationOrganizationResource* (Präsentationsregeln),
- *IfcProfileResource* (Querschnitte),
- *IfcPropertyResource* (Basissatz von Objektinformationen),
- *IfcQuantityResource* (Mengenzuordnungen),
- *IfcRepresentationResource* (Eigenschaften von Produkten),
- *IfcStructuralLoadResource* (Lastdefinitionen),
- *IfcTopologyResource* (topologische Darstellungen) und
- *IfcUtilityResource* (Eigentum-Historie-Tabellendokumente).

### Geometrische Repräsentationen

IFC trennt die semantische und geometrische Beschreibung von Objekten. Damit ist es möglich, einem semantischen Objekt ein oder mehrere geometrische Repräsentationen zuzuordnen. Die Geometrieklassen befinden sich in den Schemata *Geometric Model Resource* und *Geometry Resource*, topologische Eigenschaften im Schema *Topology Resource*. Gebäude und Stockwerke haben in IFC keine Geometrie. Geometrie gibt es nur an Bauteilelementen aus *IfcSharedBuildingElements* (*IfcWall*, *IfcRoof*, *IfcDoor* etc.).

Alle Geometrietypen in IFC erben von der abstrakten Klasse *IfcGeometricRepresentationItem*. Dabei werden u. a. Constructive Solid Geometry's (CSG) mit prozeduralen oder parametrischen Oberflächen und Körper mit expliziten Begrenzungsflächen bereitgestellt.

CSG-Primitive, *Boundary Representation* und Extrusionskörper können mit Booleschen Operationen verknüpft werden, die sich über Rekursion auf Subklassen von *IfcSolidModel* beziehen und so zu komplexen Baumstrukturen führen.

### Koordinatensysteme, relative Positionierung

IFC-Modelle basieren in aller Regel auf lokalen Koordinatensystemen, wobei die gesamte Modellierung auf der positiven Seite der x-/y-Achse liegt (*Local Placement*). Grund ist, dass es zu Problemen in der Software kommen kann, wenn der Nullpunkt bei Weltkoordinatensystemen sehr weit vom Modellierungsbereich entfernt ist. Auch die Höheninformationen sind relativ zum Koordinatenursprung. Jedes Geometrieobjekt des IFC-BIM-Modells wird in einem lokalen Koordinatensystem erfasst, das im relativen Koordinatensystem eines übergeordneten Objekts eingebettet ist. Zum Beispiel liegt das Objekt Fenster im Koordinatensystem eines Geschosses, das im Koordinatensystem des Gebäudes erfasst ist. Vorteil ist, dass bei Änderungen der Höhenlage des Gebäudes nur die Angabe im Referenzpunkt geändert werden muss.

Für den Übergang in das Weltkoordinatensystem wird das Objekt *IfcAxis2Placement* bzw. deren Unterklassen genutzt. Dort wird die Lage des Nullpunkts des lokalen Koordinatensystems in Bezug auf ein Weltkoordinatensystem abgelegt, mit deren Hilfe eine 2D- bzw. 3D-Transformation durchgeführt werden kann. Es wird lediglich das *IfcSite*-Objekt im globalen Koordinatensystem abgelegt. IFC bietet mehrere Möglichkeiten der Georeferenzierung. Eine gute Übersicht zu den Georeferenzierungsmöglichkeiten ist in Clemen & Görne (2018) zu finden.

### Erweiterungsmöglichkeiten

In IFC können häufig verwendete Bauteile als wiederverwendbare Typen (Prototypen) durch Typisierung der Semantik definiert werden. Dabei werden Eigenschaften der Prototypen ggf. auf Instanzebene überschrieben. Bei der geometrischen Typisierung werden Prototypen durch Transformation positioniert. Das IFC-Schema enthält, wie andere objektorientierte Schemata auch, Erweiterungsmöglichkeiten, die es (ohne Änderung des Schemas) erlauben, nutzerdefinierte Informationen mithilfe von dynamisch erzeugbaren Eigenschaften in Subklassen von *IfcProperty* abzulegen. Einem Objekt kann eine nutzerorientierte Eigenschaft, definiert durch die Attribute *Name*, *NominalValue*, *Type* und *Unit*, gruppiert zu *IfcPropertySets*, hinzugefügt werden. Durch die Containerklasse *IfcProxy* kann die zusätzliche semantische Bedeutung dynamisch einem Objekt zugeordnet werden. „Ein Proxy kann eine semantische Bedeutung haben, die durch das Attribut *Name* definiert ist und Eigenschaftsdefinitionen, die über die Eigenschaft Zuweisungsbeziehung angehängt werden“ (buildingSMART 2013). Voraussetzung ist allerdings, dass alle am Projekt beteiligten Adressaten die Informationen interpretieren können. Solche Vereinbarungen müssen zu Beginn eines (Teil-)Projekts definiert und dokumentiert werden. Insbesondere im Bereich des Facility Managements sind eine Vielzahl von Informationen (z. B. Serviceinformationen) denkbar, die mithilfe des Erweiterungsmechanismus geführt und genutzt werden können. Erweiterungen für wichtige Anwendungen sind seit der Version IFC4 als *PropertySet*-Definitionen im *BUILDINGSMART DATA DIRECTORY (BSDD)* unter <http://bsdd.buildingsmart.org/#concept/browse> veröffentlicht.

### Fachspezifische Bauwerksmodelle

Aus dem sehr komplexen BIM-Gesamtmodell können verschiedene Fachmodelle (Teilmodelle) mit individuellem Detaillierungsgrad und Ausgabeprodukte (Schnitte, Leistungsverzeichnisse etc.) erstellt werden. Aus den Fachmodellen können spezielle Auswertungen, Berechnungen und Nachweise erzeugt werden. Dabei werden die entsprechenden Klassen des BIM-Gesamtmodells genutzt. Zur standardisierten Vereinbarung der Inhalte gibt es in IFC die *Information Delivery Manuals* bzw. *Model View Definitions* (IDM/MVD-Methode). Dabei werden formalisierte, sog. *Exchange Requirements*, in Form von *Model View Definitions* (MVD) auf das IFC-Modell abgebildet. Damit können *Property Sets*, Attribute und zulässige Geometrie-Repräsentationen definiert werden.

### IFC im Infrastrukturbau

Das IFC-Datenmodell war zunächst ausschließlich auf den Hochbau ausgerichtet. Um es auch für den Infrastrukturbau nutzen zu können, wurde im Jahr 2014 mit entsprechenden Erweiterungsarbeiten im Rahmen des Arbeitsraums Infrastructure Room begonnen. Dabei wurden zunächst mit IFC-Alignment-Datenstrukturen für die Beschreibung von Trassierungen definiert und damit die Grundlagen zur Beschreibung von linearen Bauwerken gelegt (Abbildung 2.7-3). Gleichzeitig wurde mit dem Projekt „IFC-Infra Overall Architecture“ ein allgemeingültiges Rahmenwerk für die Erweiterung des Datenmodells geschaffen. Darauf aufbauend werden derzeit in den Projekten IFC-Bridge, IFC-Road, IFC-Railway, IFC-Ports-and-Harbours und IFC-Tunnelfachspezifische Erweiterungen entwickelt. Dabei wird unter anderem geprüft, ob spezifische geometrische Modellierungsoptionen notwendig sind und an welchen Stellen neue semantische Entitäten eingeführt werden müssen. Es gilt die Maßgabe, das Datenmodell nur dann um neue Entitäten zu erweitern, wenn es zwingend erforderlich ist, um so den Mehraufwand für die implementierenden Softwarehersteller möglichst gering zu halten.

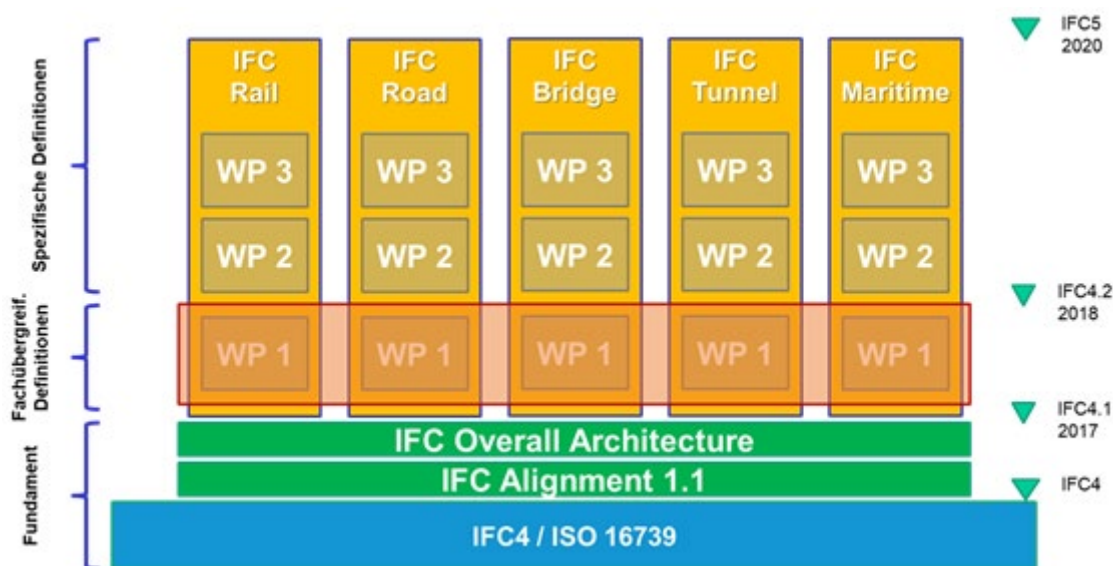


Abb. 2.7-3: Schrittweise Erweiterung des IFC-Datenschemas um Elemente des Infrastrukturbaus.

Bei Infrastrukturmaßnahmen besonders wichtig ist die durchgängige Integration von BIM- und Geodaten, insbesondere amtlichen Geobasisdaten (Heunecke 2017, Markič et al. 2019, Jaud et al. 2019). Geodaten sind alle Daten mit direktem oder indirektem Bezug zu einem bestimmten Standort oder geographischen Gebiet (§ 3 GeoZG 2009). Die räumliche Ausdehnung von Infrastrukturprojekten ist i. d. R. deutlich größer als bei Hochbauprojekten. Für den Entwurf, den Bau und den Betrieb sind solche Funktionalitäten erforderlich (siehe hierzu auch Kapitel 2.3 und 2.4), da beispielsweise Umweltverträglichkeitsprüfungen häufig mittels GIS-Systemen durchgeführt werden, die im amtlichen Bezugssystem referenzierte Geofachdaten beinhalten, während Mengenermittlungen und die

Erstellung von Leistungsverzeichnissen mittels BIM-gestützter AVA-Software erfolgt. Die enge Verzahnung erfordert einen möglichst verlustfreien Datenaustausch. Dies wurde von OGC und buildingSMART erkannt. Beide Organisationen haben sich zur Entwicklung eines gemeinsamen konzeptionellen Modells für die Beschreibung einer Trassierung zusammengeschlossen. Das konzeptionelle Modell ist im neuen OGC-Standard InfraGML und in der IFC-Erweiterung *IfcAlignment* umgesetzt.

*Ifc-Alignment* folgt der Methodik des klassischen Trassenentwurfs und verwendet zwei getrennte Ansichten (Draufsicht bzgl. der Achse und Längsschnitt bzgl. der Gradienten) zur Definition des Trassenverlaufs. Damit können im Unterschied zur direkten 3D-Modellierung die aus Ingenieursicht relevanten Entwurfsparameter unmittelbar abgebildet und geprüft werden. Zudem wurden die originären Kurventypen der Trassierung, insbesondere die Übergangsbögen wie Klothoiden, als explizites Element in das IFC-Schema aufgenommen. Ferner wurde eine zu ISO 19148 kompatible Methode der linearen Referenzierung, also der Verortung entlang der Achse, in das IFC-Schema integriert.

Eine auf Alignment aufbauende neue Möglichkeit der Modellierung von Volumenkörpern besteht in *IfcSectionedSolidHorizontal*, die das Sweeping eines Querprofil entlang einer beliebigen Kurve (auch *IfcAlignment*) erlaubt und dabei Drehungen des Profils nur in x-y-Achse durchführt und es gleichzeitig immer vertikal ausgerichtet lässt. Dies ist eine wichtige Grundlage für die hochwertige geometrische Beschreibung von Straßen- und Brückenkörpern. Die neuen Modellierungsmöglichkeiten sind Bestandteil der Version IFC 4.1.

Aus Sicht der BIM-Geodaten-Integration besonders relevant ist, dass das zugrunde liegende konzeptionelle Schema in Zusammenarbeit zwischen buildingSMART und OGC entstanden ist. In der Folge sind die Datenelemente des InfraGML-Standards mit Bezug zur Trassierung konzeptionell identisch zu denen des *IfcAlignment*.

Auf internationaler Ebene wird die Erweiterung des IFC-Standards in den Expertengruppen IFC-Bridge, IFC-Tunnel, IFC-Road und IFC-Rail vorangetrieben. Diese Entwicklungen werden in das nächste Hauptrelease des IFC-Standards, Version 5, eingehen. Erstes Zwischenergebnis ist die Verabschiedung der Version 4.3, die die Erweiterungen zur Beschreibung von Brückenbauwerken enthält (Borrmann et al. 2019).

Auf nationaler Ebene hat buildingSMART Deutschland Arbeitsgruppen zur Ergänzung des internationalen Standards um nationale Eigenschaftssätze ins Leben gerufen. Hintergrund ist, dass das IFC-Modell einen Hybridansatz auf Basis flexibel definierbarer Eigenschaftssätze (Property Sets) verfolgt, mit einer möglichst breiten internationalen Standardisierung des Datenmodells auf der einen Seite und der Möglichkeit der dynamischen Erweiterung auf der anderen Seite, um spezifische nationale Anforderungen abzubilden

### **IFC-Datenformat**

Das IFC-Datenformat basiert auf dem physikalischen STEP-Datenformat. Instanzdokumente liegen also als *STEP Physical File* (SPF – STEP Part 21) oder XML (STEP Part 28) vor.

### **2.7.3 CityGML 3.0 und weitere Standards im Bereich Urban Information Modeling**

Der Fokus der Anforderungen an ein Datenmodell im Bereich *Urban Information Modeling* liegt teilweise auf anderen Anforderungen als für BIM-Anwendungen:

- Verwendung von verschiedenen Koordinatenreferenzsystemen,
- großflächige Geobasis- und Geofachdaten,
- abgestufte Granularität in Abhängigkeit vom Visualisierungsmaßstab,
- Erweiterbarkeit um Fachinformationen,
- vertikale Integration in nationale und internationale Geodateninfrastrukturen,



- Harmonisierung mit 2D-Informationen, wie z. B. den Daten des Liegenschaftskatasters,
- langfristige Fortführungskonzepte,
- performante Zugriffsmethoden (Unterstützung räumlicher Indexe durch Verwendung expliziter Geometrie),
- performante Visualisierung großer Datenmengen im Web.

Das Anwendungsspektrum von 3D-GIS-Daten reicht von der reinen Visualisierung räumlicher Strukturen über Fachanwendungen aus dem Umweltbereich (z. B. Grundlage für die Lärmkartierung) bis zur Simulation komplexer Zusammenhänge (z. B. Schadstoffausbreitungen). Es existiert heute eine Vielzahl sehr umfangreicher Datenbestände, die von der kommunalen bis zur Bundesebene aufgebaut und fortgeführt werden.

### CityGML 3.0

Semantische 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle werden heute häufig für die digitale Repräsentation von Objekten der realen Welt, wie Gebäude, Brücken, Tunnel, Straßen, Stadtmöbel, Gewässer und Vegetation, verwendet. Ein weit verbreiteter Standard für die Modellierung, Speicherung und den Austausch semantischer 3D-Stadtmodelle ist der internationale Standard CityGML, der vom Open Geospatial Consortium (OGC) herausgegeben wird. CityGML wird weltweit von sehr vielen Städten für die Verwaltung ihrer 3D-Stadtmodelle genutzt sowie auf staatlicher Ebene und staatenübergreifend zur Harmonisierung von 3D-Gebäudedaten. So wurden beispielsweise von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltung der Bundesrepublik Deutschland (AdV) sowie im Rahmen der INSPIRE-Richtlinie Profile des CityGML-Standards definiert, um Gebäudemodelle in einheitlicher Form zur Verfügung stellen zu können. Über die Zentralstelle Hauskoordinaten, Hausumringe und 3D-Gebäudemodelle (ZSHH)<sup>20</sup> sind beispielsweise 3D-Modelle aller Gebäude in Deutschland harmonisiert im CityGML-LOD1 und -LOD2 verfügbar. Alle deutschen Bundesländer stellen die Gebäude im LOD2 zudem als offene Geobasisdaten zur Verfügung. Unter folgender Adresse ist eine weltweite Zusammenstellung offener CityGML-Datensätze abrufbar: <https://github.com/OloOcki/awesome-citygml>.

Unter dem Schlagwort „Digitaler Zwilling der Stadt“ werden in jüngster Zeit CityGML-basierte 3D-Stadtmodelle mehr und mehr auch als Plattform zur Informationsintegration im Bereich Smart Cities verwendet. Entsprechende Entwicklungen gibt es beispielsweise in den Städten Helsinki, Rotterdam, Leipzig, München, Hamburg, Wien, Zürich sowie in mehr als 80 japanischen Städten<sup>21</sup>. Auf Grundlage der gewonnenen Erfahrungen bei der vielfältigen Nutzung des Standards, sowie um CityGML für weitere Nutzergruppen und Anwendungsbereiche zu erschließen, wurde in den letzten Jahren die neue Version CityGML 3.0 entwickelt. Im Jahr 2021 wurde der Standard für das konzeptuelle Schema verabschiedet (Kolbe et al. 2021), im Jahr 2023 folgte der Standard für die Abbildung des Datenmodells auf das GML-Format (Kutzner et al. 2023).

Das konzeptuelle Modell von CityGML ist in 17 verschiedene Module untergliedert. Dies erlaubt es Anwendungen, nur die jeweils relevanten Module einzusetzen (siehe folgende Abbildung).

---

<sup>20</sup> <https://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Vertriebsstellen/ZSHH/broker.jsp?uCon=74220e4d-f312-7241-d15f-c0c2072e13d6&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111>

<sup>21</sup> <https://www.mlit.go.jp/plateau/>

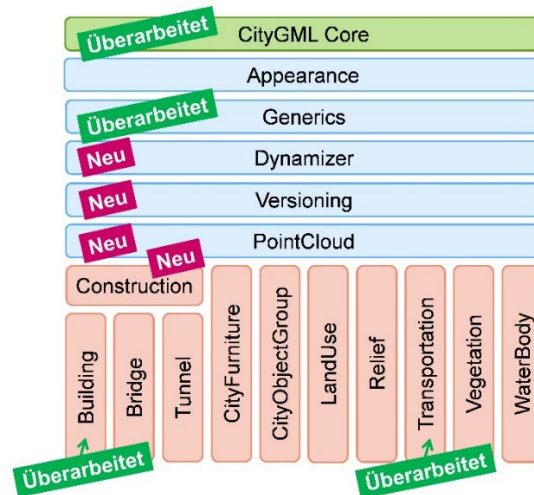


Abb. 2.7-4: Modulübersicht von CityGML 3.0. Die vertikalen Kästchen repräsentieren die verschiedenen thematischen Module. Die horizontalen Kästchen repräsentieren Module, die allgemeine Konzepte für die thematischen Module bereitstellen.

Das Core-Modul (grün) definiert notwendige Basiskonzepte (zum Beispiel Basisobjekte, Level-Of-Detail-Konzept, Space-Konzept), die von allen Anwendungen umzusetzen sind. Die elf thematischen Module (rot) definieren die spezifischen Objekte der gebauten Umwelt, wie zum Beispiel Gebäude, Stadtmöblierung, Gewässer, oder Vegetation. Die in blau dargestellten Module stellen weitere Konzepte bereit, die zusammen mit den thematischen Modulen eingesetzt werden können. Alle Module, die bereits in CityGML 2.0 existieren, wurden in CityGML 3.0 übernommen. Die Module Dynamizer, Versioning, PointCloud, und Construction wurden neu in CityGML 3.0 eingeführt, die Module Core, Generics, Building, und Transportation wurden überarbeitet und erweitert.

Die Erweiterung von CityGML 3.0 um neue Konzepte ermöglicht eine verbesserte Verwendung von CityGML in verschiedenen Anwendungsbereichen wie Energie- und Umweltsimulationen, Stadtplanung Verkehrsanalysen, autonomes Fahren, Smart Cities, oder Internet der Dinge (Internet of Things, IoT). Durch die Überarbeitung von CityGML konnte auch die Interoperabilität mit den folgenden relevanten Standards im Geoinformationsbereich maßgeblich verbessert werden: IndoorGML (Lee et al. 2016), Land Administration Domain Model (LADM) (ISO 19152 2012), INSPIRE (European Parliament and Council 2007), sowie mit Semantic-Web-Technologien wie das Resource Description Framework (RDF) (W3C 2014).

Die Entwicklung von CityGML 3.0 verfolgte einen modellbasierten Ansatz, d. h., dass CityGML 3.0 unter Berücksichtigung einer klaren Trennung von konzeptuellem Modell und Austauschformat erstellt wurde. Das konzeptuelle Modell wurde mit der Modellierungssprache Unified Modeling Language (UML) definiert und ist konform zu den relevanten ISO-Normen aus dem Geoinformationsbereich. Dadurch ist gewährleistet, dass aus dem Modell anschließend automatisch verschiedene Austauschformate abgeleitet werden können. Dies wird zuerst das GML-Format in der Version 3.2.1 (ISO 19136) sein, weitere mögliche Formate wie Datenbankschema und JSON folgen später.

#### *Das CityGML Space-Konzept*

In CityGML 3.0 wird eine klare semantische Unterscheidung aller raumbezogenen Objekte vorgenommen, indem diese grundlegend auf die beiden folgenden semantischen Konzepte abgebildet werden:

- Raum (Space): Räume repräsentieren in der realen Welt Objekte mit volumetrischer Ausdehnung. Beispiele hierfür sind Gebäude, Innenräume in Gebäuden, Gewässer, Bäume und Verkehrsräume.

- **Raumgrenze (SpaceBoundary):** Raumgrenzen repräsentieren in der realen Welt Objekte mit flächenhafter Ausdehnung. Raumgrenzen begrenzen und verbinden Räume. Beispiele hierfür sind die Wand- und Dachflächen als Gebäudebegrenzung, die Wasseroberfläche als Grenze zwischen dem Gewässer und der Luft oder das Digitale Geländemodell als Grenze zwischen dem ober- und unterirdischen Raum.

Des Weiteren wird zwischen zwei Arten von Räumen unterschieden:

- **Physischer Raum (PhysicalSpace):** Hierzu zählen Objekte, die ganz oder teilweise durch physische Raumgrenzen begrenzt sind. So sind Gebäude und deren Innenräume physische Räume, da sie durch Wände und Decken begrenzt sind. Ebenso sind Verkehrsräume physische Räume, da sie durch Straßenoberflächen gegen den Boden abgegrenzt sind.
- **Logischer Raum (LogicalSpace):** Hierunter fallen Objekte, deren Grenzen je nach Anwendung virtuell und nach thematischen oder logischen Gesichtspunkten definiert sind. Beispiele hierfür sind Stadtbezirke, die durch virtuelle, vertikal extrudierte Verwaltungsgrenzen begrenzt werden, öffentliche Bereiche und Sicherheitszonen in Flughäfen, oder Stadtzonen mit spezifischen Vorschriften, die sich aus der Stadtplanung ergeben. Logische Räume können auch durch Aggregation physischer Räume entstehen. So kann zum Beispiel eine Wohnung als eine Aggregation physischer Innenräume zu einer logischen Wohneinheit betrachtet werden.

Physische Räume wiederum werden weiter unterteilt in:

- **Belegter Raum (OccupiedSpace):** Hierunter sind Objekte zu verstehen, die Raum einnehmen, d. h. durch diese Objekte wird in der städtischen Umwelt Raum blockiert. Beispiele hierfür sind Gebäude, Brücken, Bäume, Stadtmobiliar und Gewässer. Der durch diese Objekte blockierte Raum kann nicht mehr unbeschränkt dafür genutzt werden, durch diesen Raum zu gehen/fahren oder andere Objekte auf diesen Raum zu setzen.
- **Unbelegter Raum (UnoccupiedSpace):** Hierzu zählen Objekte, die keinen Raum einnehmen, d. h. durch diese Objekte wird in der städtischen Umwelt kein Raum blockiert. Beispiele hierfür sind Innenräume in Gebäuden oder Verkehrsräume. Beide stellen zwar physische volumetrische Objekte dar, sie können aber betreten/befahren werden oder mit anderen Objekten (zum Beispiel Möbel oder Verkehrsschilder) befüllt werden, und blockieren somit keinen Raum.

Beispiele für CityGML-Objekte, die belegten Raum und unbelegten Raum repräsentieren, sind in Abbildung 2.7-5 dargestellt.

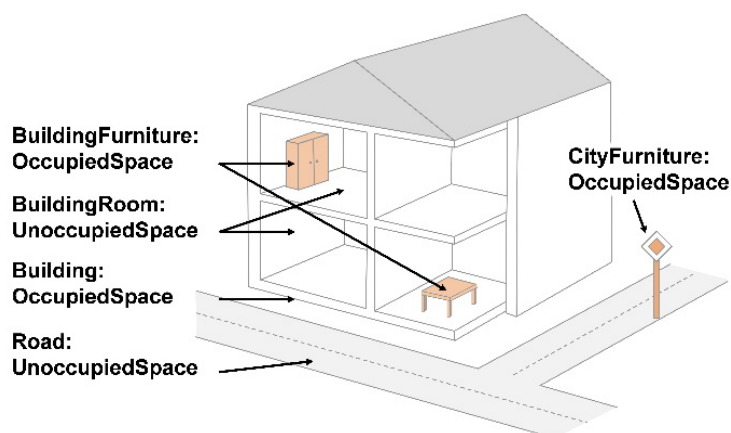


Abb. 2.7-5: CityGML-Objekte, die belegte und unbelegte Räume repräsentieren.

### *Das CityGML LOD -Konzept*

CityGML erlaubt die Repräsentation von Objekten in verschiedenen Detaillierungsgraden (Level of Detail, LOD). CityGML 3.0 sieht insgesamt vier LOD-Stufen vor, von LOD0 bis LOD3, wobei mit steigender LOD-Stufe die Objekte geometrisch detaillierter repräsentiert werden. Nähere Erläuterungen siehe Kapitel 2.3.2 des Leitfadens.

### *Geometrie- und Topologie-Repräsentation in CityGML*

CityGML nutzt ISO 19107 als Geometriemodell. Dies bedeutet, dass die Geometrien, mit denen thematische Objekte wie Gebäude, Straßen und Gewässer beschrieben werden, eigenständige Objekte sind und je nach LOD eine 0-, 1-, 2- oder 3-dimensionale Ausdehnungen haben. Die Geometrieobjekte werden mit dreidimensionalen Koordinaten beschrieben, die sich auf ein geodätisches Koordinatenreferenzsystem beziehen. Nach ISO 19111 können sowohl globale als auch nationale Referenzsysteme mit geozentrischen, geodätischen oder projizierten Koordinatensystemen verwendet werden.

Anders als in früheren CityGML-Versionen sieht das konzeptuelle Modell von CityGML 3.0 keine Einschränkungen von ISO 19107 vor, sodass Oberflächen zum Beispiel auch durch NURBS beschrieben werden könnten. Es ist jedoch abzusehen, dass die noch zu verabschiedenden CityGML 3.0 Encoding-Spezifikationen Einschränkungen machen werden, sodass beispielsweise in einer GML-Codierung NURBS oder parametrische Kurven, wie Klothoiden nicht erlaubt sein werden.

Das konzeptuelle Modell von CityGML 3.0 verwendet zwar nicht die Topologieklassen aus ISO 19107. Topologische Beziehungen können jedoch hergestellt werden, indem Geometrien (typischerweise Flächen) von verschiedenen geometrischen Objekten (typischerweise B-Rep-Körper) gemeinsam genutzt werden. Dieser Fall tritt zum Beispiel dann auf, wenn sich zwei durch B-Rep-Körper geometrisch repräsentierte Bauwerke berühren.

Zusätzlich zu den räumlichen Datentypen aus ISO 19107, wie sie im CityGML-Kernmodul genutzt werden, kann die Geometrie von thematischen Objekten in CityGML 3.0 auch durch 3D-Punktwolken repräsentiert werden. Dies geschieht entweder im CityGML-Datensatz selbst durch die Verwendung des MultiPoint-Datentyps oder durch Verweis auf eine externe Datei mit einem gängigen Punktwolken-Format wie LAS oder LAZ.

Eine weitere Art der geometrischen Repräsentation sind prototypische Objekte. Mit diesem aus der Computergrafik übernommenen Konzept können Objekte gleicher Form (aber ggf. unterschiedlicher Größe und Ausrichtung) wie Bäume, Ampeln, Verkehrsschilder, Parkbänke etc. als Prototypen repräsentiert werden, die mehrfach an verschiedenen Orten instanziiert werden. Die Geometrie der Prototypen kann entweder im CityGML-Datensatz selbst durch ISO 19107 Geometrie oder durch Verweis auf eine externe Datei in einem gängigen 3D-Grafikformat beschrieben werden.

### *Repräsentation von Bauwerken in CityGML und Interoperabilität mit IFC*

Das neu in CityGML 3.0 eingeführte Construction-Modul definiert Konzepte, die allen Arten von künstlich geschaffenen Bauwerken wie Gebäuden, Brücken und Tunnel gemeinsam sind. Dazu gehören insbesondere die verschiedenen thematischen Oberflächen wie Dach-, Boden- und Wandflächen sowie Türen und Fenster.

Im Construction-Modul wurde zudem das Konzept der sogenannten anderen Konstruktionen (Other-Construction) eingeführt. Damit können nun künstlich geschaffene Strukturen, die weder Gebäude noch Tunnel noch Brücken darstellen, repräsentiert werden, wie beispielsweise große Kamine, Stadtmauern, Windturbinen oder Dämme.

Um die Interoperabilität mit IFC zu verbessern, wurden in CityGML 3.0 zahlreiche Maßnahmen getroffen. So können volumetrisch repräsentierte Bauteile aus IFC nun direkt auf die Objektart ConstructiveElement abgebildet werden. Die für frühere CityGML-Versionen erforderliche Extraktion

der Oberflächen aus IFC-Objekten entfällt damit. Durch die beiden Objektarten Gebäudeeinheit (BuildingUnit) und Stockwerk (Storey) können Gebäude in logische Räume wie beispielsweise Wohnungen, öffentliche Gebäudebereiche oder thermische Zonen unterteilt werden. Zudem kann die IFC-Objektart IfcBuildingStorey, die ein Stockwerk in IFC-Datensätzen repräsentiert, explizit auf eine äquivalente Objektart in CityGML abgebildet werden. Das aktualisierte LOD-Konzept erlaubt darüber hinaus die Modellierung von Grundrissplänen für einzelne Stockwerke in LOD0 (Konde et al. 2018). Türen und Fenster können in CityGML 3.0 sowohl als volumetrische Objekte zum Füllen von Öffnungen in Bauwerken (Objektarten Door und Window) als auch als flächenhafte Objekte zum Verschließen der Öffnungen (Objektarten DoorSurface und WindowSurface) definiert werden. Dadurch können die volumetrischen IFC-Objekte IfcDoor und IfcWindow in entsprechende volumetrische CityGML-Objekte überführt werden. Ebenso können Innenräume, die in IFC durch die Objektart IfcSpace semantisch als physisch unbelegter Raum repräsentiert sind, auf die Objektart BuildingRoom abgebildet werden, welche gemäß dem Space-Konzept ein äquivalentes Konzept in CityGML darstellt. Durch die in CityGML 3.0 neu eingeführte Objektart CityObjectRelation können nun – wie in IFC – topologische, geometrische und semantische Beziehungen zwischen Gebäudeelementen (und auch zwischen anderen Stadtobjekten) explizit in CityGML beschrieben und die in IFC modellierten Beziehungen nach CityGML überführt werden.

Die folgende Abbildung zeigt die Überführung des in IFC modellierten FZK-Hauses (ein bekannter IFC-Beispieldatensatz) nach CityGML 3.0. Dargestellt sind nur die ConstructiveElement-Objekte, die aus den IFC-Klassen IfcWallStandardCase, IfcBeam, IfcSlab und IfcMember erzeugt wurden. Die Konvertierung wurde mit dem FME-basierten Konvertierungstool ifc-to-citygml3<sup>22</sup> durchgeführt. Die Objektart IfcSpace ist semantisch betrachtet ein physisch unbelegter Raum zur Repräsentation von Innenräumen in IFC-Datensätzen. Die Objektart BuildingRoom stellt gemäß dem Space-Konzept von CityGML ein äquivalentes Konzept dar. Deshalb können nun auch Innenräume ohne Veränderungen in der Semantik von IFC nach CityGML abgebildet werden. Dies ist in der folgenden Abbildung zu sehen, in der IfcSpace-Objekte des FZK-Hauses in BuildingRoom-Objekte aus CityGML 3.0 überführt wurden.

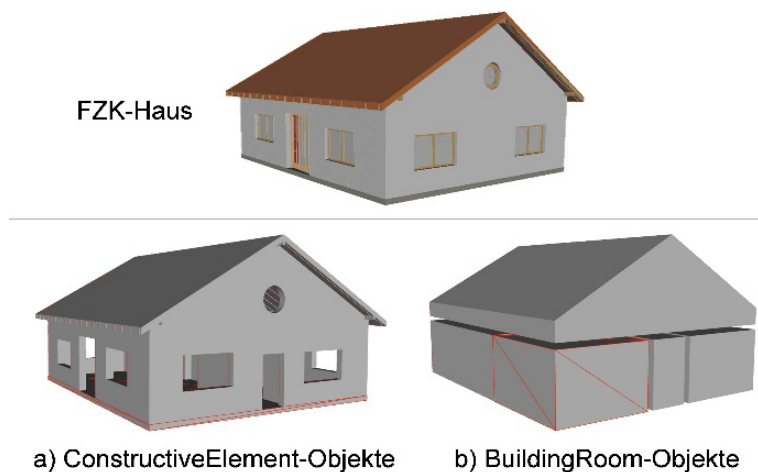


Abb. 2.7-6: a) ConstructiveElement-Objekte, die aus den IFC-Objekten IfcWallStandardCase, IfcBeam, IfcSlab und IfcMember erzeugt wurden; b) BuildingRoom-Objekte, die aus der IFC-Objekten IfcSpace erzeugt wurden.

Neben Bauwerken können in CityGML viele weitere Objekte der gebauten und der natürlichen Umwelt repräsentiert werden, sodass umfassende 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle erzeugt werden

<sup>22</sup> <https://github.com/tum-gis/ifc-to-citygml3>

können. Ein Beispiel für ein umfassendes Modell, das neben Gebäuden auch das Gelände, Vegetation, Leitungsnetze etc. enthält, stellt der 3D-Lageplan zum Baugesuch dar, der im Kapitel 2.6.1 beschrieben wird.

#### *Repräsentation des Geländes*

Flächendeckende Stadt- und Regionalmodelle benötigen Digitale Geländemodelle (Digital Terrain Model, DTM). In CityGML können DTM in allen LOD vorkommen. Gebäude, Brücken, Tunnel, Stadtmöbel und generische Objekte erhalten ihre absolute Höhe i. d. R. durch Verschnitt mit einem DTM. Bei Kombination verschiedener DTM in unterschiedlichen LODs kann es zu Problemen mit schwebenden Gebäuden oder mit der Darstellung von texturierten Objekten kommen. Um diese Probleme zu lösen, wurde das Konzept der *TerrainIntersectionCurve (TIC)* für *CityObjects* eingeführt. Die TIC ist eine Liniengeometrie, welche die Verschnittlinie von Gebäude und DTM darstellt.

#### *Repräsentation des Straßenraums*

Im Zuge des autonomen, vernetzten Fahrens, aber auch zur Dokumentation und Planung verkehrlicher Anlagen gewinnt die hochaufgelöste geometrische, topologische und semantische Repräsentation des Straßenraums an Bedeutung. CityGML 3.0 stellt hierfür mit dem Transportation Modul ein Datenmodell zur Verfügung. Neben der linearen und flächenhaften Abbildung kann der Straßenraum unter Nutzung des oben beschriebenen Space-Konzepts auch volumetrisch repräsentiert werden, um beispielsweise Lichtraumprofile automatisch analysieren zu können. Eine detaillierte Beschreibung und Handlungsanleitung zur Nutzung des Straßenraummodells ist in Beil et al. (2023) sowie zu finden.

#### *Repräsentation von Veränderungen*

Mit dem Versioning-Modul und dem Dynamizer-Modul lassen sich dynamische Eigenschaften von Stadtobjekten abbilden. Das Versioning-Modul dient der Modellierung von langsameren Veränderungen, wie zum Beispiel der Entwicklung von Städten oder Stadtmodellen im Laufe der Zeit durch den Bau oder Abriss von Gebäuden. Mit dem Versioning-Modul können auch alternative Versionen eines Stadtmodells verwaltet werden, was zum Beispiel im Rahmen der Stadtplanung von Interesse ist. Mit dem Dynamizer-Modul können dagegen regelmäßige und dynamische Veränderungen von Objekteigenschaften repräsentiert werden. Hierzu zählen Änderungen physikalischer Größen wie der Energiebedarf eines Gebäudes oder die Sonneneinstrahlung auf eine Wandfläche, Änderungen bezüglich der Geometrie (Form und Lage) sich bewegender Objekte oder Echtzeit-Sensorbeobachtungen. Das Dynamizer-Modul überschreibt dazu die statischen Attributwerte der Stadtobjekte mit dynamischen, zeitvariablen Werten. Zudem können mittels des Dynamizer-Moduls Stadtobjekte mit (IoT-)Sensoren verknüpft werden.

#### *Weitere CityGML-Konzepte*

Der CityGML-Standard definiert eine Vielzahl weiterer Konzepte, die für Geodäsie und BIM von Bedeutung sind. Hierzu zählen

- *ExternalReferencs* zur Verknüpfung von Stadtobjekten mit Objekten aus anderen Informationssystemen, zum Beispiel Objekten aus dem Liegenschaftskataster oder Objekten in einem Dokumentenmanagementsystem oder einem BIM-Datensatz.
- *Appearances*, die es ermöglichen, die Erscheinung von Objekten abzubilden, beispielsweise in Form von Fototexturen oder thematischen Informationen wie der solaren Einstrahlung auf Dächern, Fassaden oder Verkehrsflächen.
- *Generische Attribute* und *Application Domain Extension (ADE)* zur Erweiterung des Standards.
- *Profilbildung* zur Einschränkung des Standards.
- *CityObjectGroups* zur Aggregation beliebiger Stadtobjekte.

## INSPIRE

Im Jahr 2007 ist die INSPIRE-Richtlinie zum Aufbau einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft in Kraft getreten. Ziel ist die dienstbasierte Nutzung von interoperablen Geodaten. Um dieses Ziel zu erreichen, ist auch die Definition einheitlicher Datenmodelle für festgelegte Themen erforderlich. Für den Gebäudebereich ist das INSPIRE-Datenmodell in der „Data Specification on Buildings“ (INSPIRE 2024) veröffentlicht.

Klassen, Relationen und Typen in INSPIRE sind eng an die Modellierung von CityGML angelehnt. Die INSPIRE-BU-Spezifikation enthält drei Profile:

- Profil 1 (normativ): 2D/2.5D-Geometrie mit wenigen semantischen Attributen,
- Profil 2 (nicht normativ): 2D/2.5D-Geometrie mit vielen semantischen Attributen,
- Profil 3 (nicht normativ): 3D-Geometrie in Anlehnung an CityGML LOD1-3 mit vielen semantischen Attributen.

Neben dem Thema „Buildings“ definiert INSPIRE eine Vielzahl weiterer Datenthemen mit Relevanz für Planungsprozesse. Beispielsweise seien an dieser Stelle die Themen „Protected Sites“ und „Natural Risk Zones“ genannt. Für weitergehende Informationen wird auf die Literatur verwiesen.

## XPlanung

Die Erstellung von Bauleitplänen und Planfeststellungsverfahren, die erst Bauplanungsrecht entfalten, auf dessen Basis BIM-Prozesse umgesetzt werden können und die Durchführung von Baugenehmigungsverfahren erfordert das Zusammenwirken einer Vielzahl von Akteuren. Die Spezifikation digitaler standardisierter Datenmodelle und Datenaustauschformate für Bauleitpläne, Landschaftspläne, Planwerke der Raumordnung sowie Bauvorlagen ermöglicht, vergleichbar zu BIM-Standards, einen verlustfreien Datenaustausch zwischen den verschiedenen Planungsebenen und den unterschiedlichen öffentlichen und privaten Planungsakteuren.

### *Standardisierungsprozess von Austauschstandards im Bau- und Planungsbereich*

Seit dem Jahr 2003 wird in diesem Kontext das objektorientierte Datenmodell XPlanung und das Datenaustauschformat XPlanGML für die Abbildung der Inhalte raumbezogener Planwerke entwickelt. XPlanung ist der Standard für die Struktur, den Inhalt und die Form von Daten/Informationen (textliche und geometrische Festlegungen, Darstellungen, Festsetzungen, nachrichtliche Übernahmen, Kennzeichnungen und sonstige Hinweise) zur Bereitstellung von räumlichen Planwerken der Raumordnung, Landes- und Regionalplanung, Bauleitplanung und Landschaftsplanung. Durch die Anwendung des Standards bei allen Beteiligten kann ein verlustfreier Datenaustausch zwischen unterschiedlichen IT-Systemen und Anwendungen gewährleistet werden.

Im Herbst 2014 wurde auf Antrag der Freien und Hansestadt Hamburg (FHH) durch Beschluss des IT-Planungsrats der fachübergreifende Standardisierungsbedarf „Austauschstandards im Bau- und Planungsbereich“ in die Standardisierungsagenda des IT-Planungsrats aufgenommen. Am 05.10.2017 hat der IT-Planungsrat schließlich die verbindliche Einführung der Standards XBau und XPlanung zum Daten- und Informationsaustausch mit und unter den Dienststellen der öffentlichen Bau- und Planungsverwaltung beschlossen. Bei XBau handelt es sich im Unterschied zu XPlanung um einen nachrichtenbasierten XÖV Standard, der die Inhalte von Nachrichten in bauaufsichtlichen Verfahren in einer standardisierten Struktur beschreibt.

Gemäß dem Beschluss müssen Dienststellen der öffentlichen Verwaltung in Ausschreibungsverfahren zur Beschaffung von Softwareanwendungen die Standards XPlanung/XBau ab sofort berücksichtigen, sofern im Anwendungsbereich Planen und Bauen die in der Bedarfsbeschreibung beschriebenen Anwendungsfälle unterstützt werden sollen. Bestehende IT-Verfahren in der öffentlichen Verwaltung im Anwendungsbereich Planen und Bauen, welche die in der Bedarfsbeschreibung beschriebenen Anwendungsfälle unterstützen, sind bis 01.02.2023 (fünf Jahre nach Veröffentlichung

im Bundesanzeiger) für die Bereitstellung und Nutzung der Standards XPlanung/XBau zu ertüchtigen. Die Standards werden durch die beim Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (LGV) angesiedelten Leitstelle XPlanung/XBau auf Basis einer Verwaltungsvereinbarung mit dem Bund und den Ländern betrieben.

Während seiner Weiterentwicklung wurde XPlanung in unterschiedlichen Versionen veröffentlicht. Aktuell steht der Standard in Version 6.0.2 zur Verfügung. Auf der XLeitstelle-Homepage<sup>23</sup> befinden sich die Spezifikationen aktueller sowie älterer Versionen.

#### Was ist XPlanung?

XPlanung setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Das objektorientierte Datenmodell definiert einerseits eine einheitliche Datenstruktur zur strukturierten Abbildung der Inhalte räumlicher Planwerke, andererseits ermöglicht das Datenaustauschformat XPlanGML eine verlustfreie Übertragung von Instanzen des Datenmodells (d. h. die XPlanung-konformen digitalen Planwerke) zwischen verschiedenen IT-Systemen und Anwendungen (s. folgende Abbildung).



Abb. 2.7-7: Aufbau von XPlanung.

Das Objektmodell XPlanung gewährleistet einen verlustfreien Austausch von Planinformationen

- des allgemeinen (Bauleitpläne) und besonderen Städtebaurechts (städtebauliche Satzungen) gemäß Baugesetzbuch (BauGB),
- von Regionalplänen bzw. Raumordnungsplänen gemäß Raumordnungsgesetz (ROG) und den entsprechenden Ländergesetzen und
- von Landschaftsplänen gemäß Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG).

Als „Planinformationen“ sind sowohl in Aufstellung befindliche oder bereits rechtsgültige Planwerke als auch einzelne Inhalte solcher Pläne zu verstehen. Diese Planwerke sollen ohne Verlust von Informationen interoperabel zwischen unterschiedlichen IT-Systemen ausgetauscht werden können. In Aufstellung befindliche bzw. rechtsgültige Planwerke können als eigenständige oder als Änderungspläne vorliegen. Änderungspläne können eigenständige Planwerke ändern, ergänzen oder in Teilen aufheben. Mithilfe des Standards XPlanung ist es möglich, in einem bestimmten Gebiet das gültige Planungsrecht automatisch abzuleiten, bereitzustellen, auszuwerten und unter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben (z. B. der PlanZV) zu visualisieren.

Das in XPlanung enthaltene Kernmodell der Landschaftsplanung reicht in der Regel nicht zur vollständigen Abbildung der Inhalte eines konkreten naturschutzrechtlichen Planwerks aus, da es ausschließlich die unmittelbar wirkenden Regelungen des BNatSchG abbildet und diese Regeln in den Landesnaturschutzgesetzen durch landesspezifische Regeln ergänzt werden. Aktuell wurde vom Bundesamt für Naturschutz (BFN) eine Ausschreibung zur Spezifizierung eines umfassenderen Modells für die Landschaftsplanung vergeben, dessen Ergebnis zukünftig Eingang in die Spezifikation XPlanung finden soll.

Neben den erwähnten vier Planarten, deren rechtliche Grundlage dezidierte gesetzliche Bestimmungen sind, können mit dem Datenmodell XPlanung weiterhin die Inhalte sonstiger raumbezogener

<sup>23</sup> <https://xleitstelle.de/xplanung/releases-xplanung>



Planwerke sowie nachrichtliche Übernahmen (*SoPlan*) abgebildet werden. Damit ist es prinzipiell möglich, auch auf anderer gesetzlicher Grundlage beruhende Planwerke und Planinhalte abzubilden. Für bestimmte, häufig in Bauleitplänen vorkommende Inhalte aus Fachplanungen enthält XPlanung konkrete Objektklassen.

#### *XPlanung als GML Applikationsschema*

XPlanung basiert auf internationalen Standards. Zum verlustfreien Austausch von räumlichen Planwerken dient das Datenformat XPlanGML, das auf GML 3.2.1 (Geography Markup Language) basiert. Somit verwendet XPlanGML die Kodierregeln nach ISO 19118 und ISO 19136. Genauer gesagt nutzt XPlanGML als GML-Applikationsschema ausgewählte GML-Elemente und erweitert diese um fachspezifische Attribute zur Abbildung und Speicherung von den Inhalten räumlicher Planwerke.

Neben der Verwendung internationaler Normen orientiert sich das XPlanGML auch am nationalen Standard ALKIS/NAS. Das heißt, dass das Datenformat XPlanung einen Ausschnitt (Profil) des GML-Definitionsumfangs nutzt, der identisch zu dem nationalen Standard ALKIS/NAS ist. In XPlanung werden jedoch keine weiteren Elemente des ALKIS-Basisschemas weiterverwendet. In einigen Punkten ist das XPlanung-Datenformat somit gegenüber ALKIS/NAS vereinfacht:

- XPlanung beinhaltet derzeit noch kein Versionierungskonzept,
- das Datenmodell beschreibt nur ein statisches Austauschformat in Form von Klassen, Attributen und Relationen, und keine Operationen auf diesen Klassen,
- das XPlanung-Basisschema verwendet nur eine „Geometrieart“, die dem ALKIS-Modell der „Gemeinsamen Geometrie“ entspricht.

Im Gegensatz zum ALKIS-Standard definiert XPlanung noch keine standardisierten Darstellungsvorschriften (Signaturen). Diesbezüglich ist es nicht ausgeschlossen, dass Planwerke nach einem Export aus einer Fachanwendung und einem Import in eine andere Fachanwendung mit anderen Visualisierungsvorschriften im Zielsystem dargestellt werden.

#### *Modelltransformation von XPlanGML in INSPIRE PLU und CityGML*

Durch die Verwendung von bzw. Anlehnung an internationale und nationale Standards ist XPlanung zukunftsfähig und investitionssicher. Zudem wird dadurch eine Bereitstellung der Planwerke auf Basis standardisierter webbasierter Visualisierungs- und Downloaddienste (Web Map Services und Web Feature Services) ermöglicht. Mit der Definition und Anwendung von Transformationsvorschriften von XPlanung in das INSPIRE-Datenmodell PLU (Planned Land Use) lassen sich die INSPIRE-Bereitstellungspflichten problemlos erfüllen. Die Freie- und Hansestadt hat mit der Anwendung einer entsprechenden Transformationsvorschrift den bestehenden XPlanungs-konformen Datenbestand (ca. 2.700 Planwerke) in das PLU-Zielmodell transformiert und stellt diesen Datensatz über INSPIRE-Darstellungs- und Downloaddienste bereit.

Objekte aus XPlanGML-Datensätzen, die z. B. Höheninformationen beinhalten, lassen sich auch in andere GML-Applikationsschemata oder in IFC-Instanzdokumente transformieren. Im Rahmen des Forschungsprojekts „BIM basierten Bauantrag“ (vgl. BIM-basierter Bauantrag) hat der LGV Flächenabgrenzungen von in Bebauungsplanwerken festgesetzten überbaubaren Grundstücksflächen, in denen Höhenangaben oder die Anzahl von Vollgeschossen festgesetzt sind, in CityGML und IFC transformiert.

In der nachfolgenden Abbildung werden die in Bebauungsplänen maximal zulässigen überbaubaren Grundstücksflächen als transparente 3D-Körper visualisiert. Mithilfe dieser 3D-Körper lassen sich Kollisionsprüfungen realisieren, um das Volumen von geplanten Gebäudemodellen gegen ausgewählte Festsetzungen eines Bebauungsplans dreidimensional überprüfen zu können. Eine Herausforderung in der grafischen Aufbereitung besteht noch darin, den transparenten Volumenkörper nicht mit einem realen zulässigen Baukörper zu verwechseln.



Abb. 2.7-8: Visualisierung von XPlanungs-konformen Geometrien überbaubarer Grundstücksflächen als CityGML Objekte.

Die Geometrien eines geplanten Gebäudes müssen sich innerhalb des transparenten 3D-Körpers einfügen. Bei der Definition von Prüfregeln muss jedoch beachtet werden, dass bestimmte Gebäudeteile, wie z. B. Balkone, über die 3D-Körper der überbaubaren Grundstücksflächen herausragen dürfen.

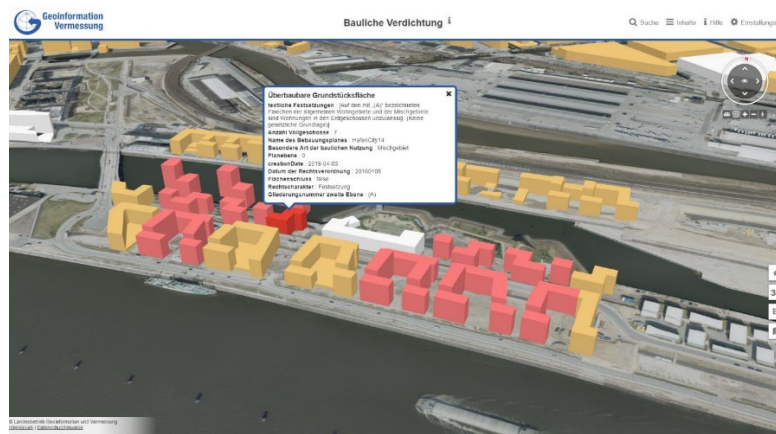


Abb. 2.7-9: 3D-Visualisierung von Festsetzungen eines Bebauungsplans in CityGML.

Auf Basis einer Transformation von XPlanGML-Objekten in CityGML-Objekte können zudem weitere planungsrechtliche Festsetzungen visualisiert werden (z. B. Art und Maß der baulichen Nutzung). In der Abbildung werden z. B. überbaubare Grundstücksflächen, die in allgemeinen Wohngebieten liegen, in Rot visualisiert, überbaubare Grundstücksflächen, die in Mischgebieten liegen, werden in Braun visualisiert.

#### 2.7.4 Weitere Standards/Formate

Weitere Formate aus den Bereichen der Computergrafik, Simulation und CAD sind i. d. R. nur für die Visualisierung von Realweltobjekten im BIM (und auch für das *Urban Information Modeling*) geeignet, da sie nur auf Geometrie und Darstellung und in begrenztem Maß auf thematische Information fokussiert sind. Beispiele sind VRML, X3D, U3D, 3DS, glTF, KML, COLLADA, 3DTiles, I3S, DXF, OpenFlight, TerraPage und p3d. Einige Datenformate sind nicht offen. Allen ist gemeinsam, dass strukturelle und thematische Informationen nur sehr eingeschränkt abgebildet werden.

## Literatur

- Beil, C.; Kutzner, T.; Schwab, B.; Kolbe, T. H. (2023): Road2CityGML3 - Guideline for modelling roads and the streetspace within semantic 3D city models using the international OGC standard City Geography Markup Language (CityGML) version 3.0. <https://tum-gis.github.io/road2citygml3/> (August 2024).
- Borrmann, A.; Muhic, S.; Hyvärinen, J.; Chipman, T.; Jaud, Š.; Castaing, C.; Dumoulin, C.; Liebich, T.; Mol, L. (2019): The IFC-Bridge project – Extending the IFC standard to enable high-quality exchange of bridge information models. Proc. of EC3 Conference, Chania, Crete.
- buildingSMART International Ltd (2013): IFC4 Official Release specification. <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2/HTML/link/introduction.htm> (August 2024).
- Clemen, C.; Görne, H. (2018): Level of Georeferencing (LoGeoRef) using IFC for BIM. Journal of Geodesy, Cartography and Cadastre. Internet: [https://jgcc.geoprevi.ro/docs/2019/10/jgcc\\_2019\\_no10\\_3.pdf](https://jgcc.geoprevi.ro/docs/2019/10/jgcc_2019_no10_3.pdf) (August 2024).
- European Parliament and Council (2007): Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the council of 14 March 2007 establishing an infrastructure for spatial information in the European Community (inspire). In: Official Journal of the European Union, 50 (L 108), S.1-14.
- Heunecke, O. (2017): Planung und Umsetzung von Bauvorhaben mit amtlichen Lage- und Höhenkoordinaten. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (zfv), 3/2017, S. 180-186.
- Industriellianz für Interoperabilität e. V. (IAI) (2008): Anwenderhandbuch Datenaustausch BIM/IFC Version 2. [http://www.dds-cad.de/fileadmin/redaktion/PDF-Dateien/buildingSMART-IFC\\_Anwenderhandbuch\\_Version1.0\\_4MB.pdf](http://www.dds-cad.de/fileadmin/redaktion/PDF-Dateien/buildingSMART-IFC_Anwenderhandbuch_Version1.0_4MB.pdf) (August 2024).
- ISO 19152, 2012. ISO/TS 19152:2012 Geographic information – Land Administration Domain Model (LADM).
- Jaud, S.; Donaubauer, A.; Borrmann, A. (2019): Georeferencing within IFC: A Novel Approach for Infrastructure Objects, In: Cho, Y. K.; Leite, F.; Behzadan, A.; Wang, C. (Eds): Computing in Infrastructure.
- Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) (2024): D2.8.III.2 Data Specification on Buildings - Technical Guidelines. [http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data\\_Specifications/INSPIRE\\_DataSpecification\\_BU\\_v3.0rc3.pdf](http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_BU_v3.0rc3.pdf) (August 2024).
- Kolbe, T. H.; Kutzner, T.; Smyth, C. S.; Nagel, C.; Roensdorf, C.; Heazel, C. (2021): OGC City Geography Markup Language (CityGML) Part 1: Conceptual Model Standard. Open Geospatial Consortium.
- Konde, A.; Tauscher, H.; Biljecki, F.; Crawford, J. (2018): Floor plans in CityGML. In: ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, IV-4/W6, S. 25-32.
- Kutzner, T.; Smyth, C. S.; Nagel, C.; Coors, V.; Vinasco-Alvarez, D.; Ishimaru, N.; Yao, Z.; Heazel, C.; Kolbe, T. H. (2023): OGC City Geography Markup Language (CityGML) Part 2: GML Encoding Standard. Open Geospatial Consortium.
- Lee, J.; Li, K.-J.; Zlatanova, S.; Kolbe, T. H.; Nagel, C.; Becker, T.; Kang, H.-Y. (2019): OGC IndoorGML 1.1. OGC Document 19-011r4. Open Geospatial Consortium.
- Markič, S.; Windischer, G.; Glatzl, R. W.; Hofmann, M.; Borrmann, A.; Bergmeister, K. (2019): Requirements for geo-locating transnational infrastructure BIM models. In: Peila, D.; Viggiani, G.; Celestino, T. (Eds): Tunnels and Underground Cities. Engineering and Innovation Meet Archaeology, Architecture and Art. Proceedings of the WTC 2019 ITA-AITES World Tunnel Congress (WTC 2019), CRC Press.
- W3C (2014) RDF 1.1 specifications. [https://www.w3.org/standards/techs/rdf#w3c\\_all](https://www.w3.org/standards/techs/rdf#w3c_all) (August 2024).

## 3 BIM in der Praxis

### 3.1 BIM in der Ingenieurvermessung

#### 3.1.1 Vom Laserscan zum BIM-Modell – Bestandsdaten effizient in BIM-Projekte überführen ☺

*Beitrag von Ralf Hellmann*

**Digitales und dreidimensionales Planen mit BIM (Building Information Modeling) ist der neue Standardprozess im Bau- und Gebäudemanagement. BIM steigert die Effizienz sowohl in der Planung und im Bau als auch in der Sanierung und im Betrieb von Gebäuden. Innovative Laserscan-Technologie und intelligente Softwarelösungen liefern die Datenbasis.**

Als virtueller Planungsansatz mit einem objektorientierten, dreidimensionalen Gebäudemodell als Grundlage beinhaltet BIM sämtliche Informationen, die zur Planung, Realisierung und zum Betrieb des Gebäudes notwendig sind. Ziel ist es, alle beteiligten Gewerke so in das Projekt zu integrieren, dass Informationsdefizite ausgeschlossen sind, Kosten im Rahmen bleiben, Termine eingehalten und Konfliktpotenziale minimiert werden können. Indem BIM sämtliche Projektbeteiligten digital vernetzt, können, wenn das gewollt ist, alle Auswirkungen einer Maßnahme auf andere Teilbereiche in Echtzeit sichtbar sein.

Während Integrale Planung und Lifecycle Engineering mittlerweile akzeptierte und bewährte Planungsverfahren sind, geht BIM einen Schritt weiter und integriert das Facility Management in den Prozess. Damit umspannt BIM den kompletten Lebenszyklus von der Konzeption über den Betrieb bis zum Rückbau eines Gebäudes. Wird BIM bereits frühzeitig in die Planungsphasen implementiert, erleichtert das die Werkplanung und Bauleitung deutlich: Die häufig fehleranfällige baubegleitende Planung kann so vermieden werden.

Für die Planung und den Bau neuer Gebäude liegen die Vorteile von BIM auf der Hand. Gerade bei Bestandsgebäuden gibt es erhebliche Potenziale zu heben. Hier gestaltet sich BIM anspruchsvoll, bietet aber einen hohen Nutzwert. Das ganzheitliche und lebenszyklusorientierte Modell optimiert Prozesse auch während der Betriebsphase eines Gebäudes. Das Facility Management profitiert langfristig in hohem Maße.

So lassen sich etwa betriebsbezogene Gebäudedaten, die bei Umbauten, Sanierungen oder Produktionsanpassungen entstehen, kontinuierlich und lückenlos fortschreiben. BIM unterstützt diesen Prozess ideal, indem es dem Facility Management Informationen über Gebäudekonstruktion, Gebäudekomponenten sowie Zusammenhänge von Nutzung und Funktion digital und dreidimensional zur Verfügung stellt. Umbauplanungen können innerhalb des Modells räumlich dargestellt werden. Die Auswirkungen auf Wartung, Instandhaltung und Energieeffizienz sind sofort erkennbar. Hinterlegte Herstellungskosten sowie spezifische Betriebskosten liefern das Kosten-/Nutzenverhältnis der geplanten Maßnahmen. Nebenbei können Betriebsprozesse und Nutzeranforderungen im räumlichen Modell durchgespielt und überprüft werden.

#### **Datenbasis für BIM im Bestand**

Damit die Vorteile von BIM auch für Bestandsgebäude optimal zum Tragen kommen, braucht es eine solide Datenbasis. Wird in Neubauten BIM von Anfang an integriert, stehen die vollständigen 3D-Pläne als Grundlage allen Beteiligten zur Verfügung. Doch gerade in Bestandsgebäuden fehlen häufig 3D-Daten, die den Ist-Zustand verlässlich abbilden. Solche Lücken werden durch das Aufmaß vor Ort geschlossen. 3D-Laserscanner erfassen komplexe geometrische Raumstrukturen auf Millimeter genau und garantieren eine schnelle, verformungsgerechte Bestandsaufnahme.

Der FARO® Focus Premium Laserscanner erzeugt bis zu zwei Millionen 3D-Messpunkte pro Sekunde und liefert in Minuten, selbst bei schwierigen Licht- und Witterungsbedingungen, ein maßgenaues, geometrisch exaktes Abbild. Nach dem Import in CAD- und BIM-Programme können die Scandaten als Planungsgrundlage dienen.

#### **Ein Workflow vom Aufmaß bis zum BIM-Modell**

FARO stellt für diese Zwecke ein durchgängiges System bereit. In einem Workflow greifen die 3D-Erfassung, die Vorverarbeitung, die Interpretation und Modellierung sowie Integration der Daten in die BIM-fähige Software Autodesk® Revit® Hand in Hand.

Das Aufmessen vor Ort erfolgt über die terrestrischen Laserscanner, die je nach Bedarf über eine Reichweite zwischen 70 und 350 Metern verfügen. Die zugehörige, mobile FARO Stream App bietet Live-Feedback der erfassten Scans und ermöglicht eine Vorregistrierung in einem einheitlichen Koordinatensystem. Noch vor Ort kann der optionale Upload in die Cloud erfolgen. So können die Daten unmittelbar über die FARO Sphere® XG Digital Reality Plattform mit den wichtigsten Projektbeteiligten geteilt werden.

Eine weitergehende Bearbeitung der Daten erfolgt dann in der FARO SCENE Software, von wo die Punktwolke in Revit exportiert werden kann. Die Software FARO As-Built™ for Autodesk Revit integriert sich als Plug-in vollständig in die Nutzeroberfläche von Revit. Sie erweitert das Programm um zahlreiche Funktionen zur Verwaltung, Darstellung und Auswertung von Punktwolken und 3D-Daten. Dabei nutzt FARO As-Built Katalogbauteile aus Revit. Sollte die Größe der Objekte, beispielsweise von Türen, Fenstern oder Wänden nicht passen, kann die Software Katalogobjekte parametrisieren und damit neue Katalogobjekte erzeugen. Lässt sich in Revit kein geeignetes Bauteil finden, kann es im Revit Familieneditor aus den Daten der Punktwolke individuell konstruiert werden. FARO As-Built erkennt automatisiert Wände in der Punktwolke und kann neue Wandtypen mit unterschiedlichen Wanddicken erzeugen. Die Software ermöglicht zudem die für BIM-Modelle notwendige Ausrichtung der Wände, beispielsweise durchgehende Außenwandflächen und Wandachsen sowie exakt rechtwinklige Grundrisse.

Die FARO As-Built Software verfügt über zahlreiche weitere Funktionen zur schnellen Auswertung von 3D-Scandaten zu realistischen, parametrischen Gebäudemodellen und Analysefunktionen, wie die Clash Detection, die Kollisionen zwischen Punktwolke und Revit-Modell findet, oder die Deviation Analysis, die Differenzen zwischen Modell und Punktwolke visualisiert, z. B. als Heatmap.

Alle bisher erwähnten Hard- und Software-Komponenten können einzeln eingesetzt werden. Aber der FARO-Workflow aus allen aufeinander abgestimmten Komponenten ist schnell, vermeidet Schwierigkeiten bei der Datenübergabe zwischen Hardware, Registrierungssoftware und Planungstools und die Daten bleiben bis zur Integration in BIM in einem System.

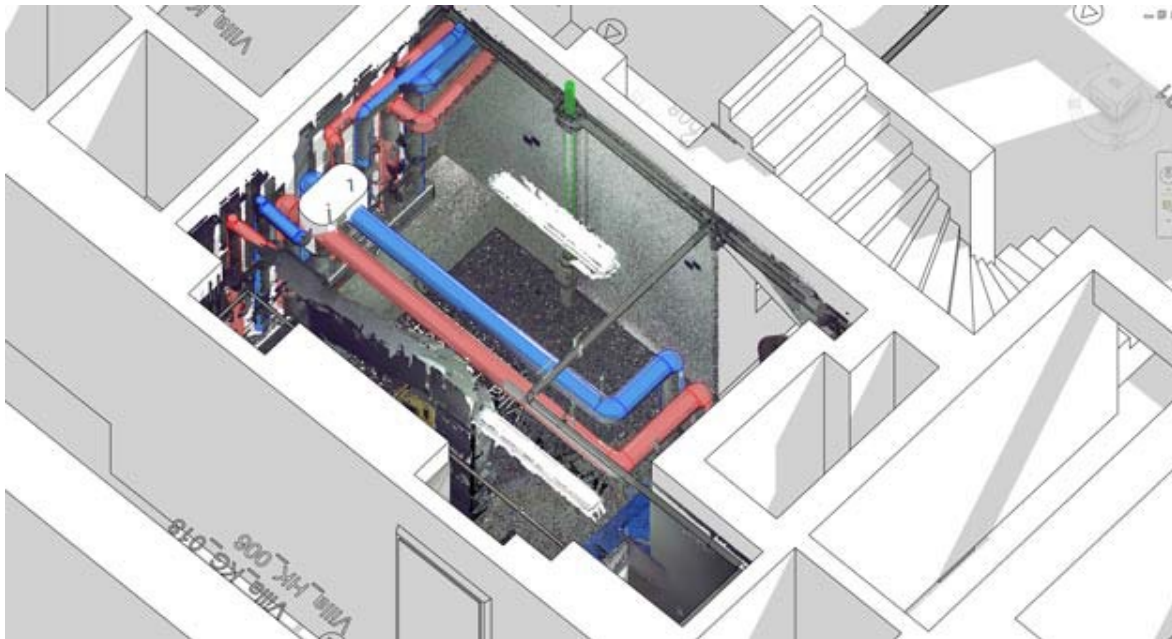


Abb. 3.1.3-1: Scan eines Heizraums mit Zentralheizung; aus Scandaten gewonnenes Revit-Modell mit MEP Elementen.

### Anwendungsbeispiel: Die Kathedrale Notre-Dame in Paris

Ein Beispiel für die Erfassung bestehender Geometrien für die spätere Nutzung ist das Scannen der Pariser Kathedrale Notre-Dame.

Die Firma Art Graphique & Patrimoine, AGP (<http://www.artgp.fr>) hat im Auftrag des französischen Staats die Kathedrale mit FARO Scannern erfasst. Über mehr als zehn Jahre entstand ein hochdetaillierter, millimetergenauer 3D-Datensatz des Gebäudes. Die Anlässe waren verschieden, unter anderem schuf AGP ein digitales Modell, mit dem die verschiedenen Bauphasen des Sakralbaus über die Jahrhunderte visualisiert werden konnte. Dazu modellierte AGP die Daten in Autodesk Revit.

Im April 2019 brannte Notre Dame und der historische Dachstuhl aus Eichenbalken. Der berühmte Vierungsturm wurde völlig zerstört. AGP verfügt nicht nur über 3D-Punktwolken (digitaler Zwilling) des völlig zerstörten Dachstuhls mit einer Auflösung von 2 Punkten pro Quadratmillimeter, genug, um auch Risse einzelner Balken zu dokumentieren; darüber hinaus liegen auch hochdetaillierte Scans des gesamten Mauerwerks vor.

Fünf Tage nach dem Brand scannte AGP im Auftrag des französischen Staats die Kathedrale mit zwölf FARO Focus Laserscannern erneut. FARO stellte zu diesem Zweck zusätzliche Scanner zur Verfügung. Ein Vergleich der Scandaten der Bausubstanz vor dem Brand mit den aktuellen 3D-Daten ergab unter anderem, dass sich der Giebel des nördlichen Querhauses mit seinem Rosettenfenster um 20 Zentimeter geneigt hatte und sofort gesichert werden musste. Ein Schaden, der optisch nicht erkennbar war.

Die FARO BuildIT Construction Software kann Abweichungen zwischen zu verschiedenen Zeiten aufgenommenen Scans, aber auch zwischen Scans und CAD- bzw. BIM-Modellen unter anderem als Heatmaps visualisieren (in Revit lassen sich mit As-Built for Autodesk Revit nur Abweichungen zwischen Modell und Scans visualisieren).

Als die ersten Scans von Notre-Dame gemacht wurden, stand diese Technik noch nicht zur Verfügung. Dass die Daten bei einer teilweisen Zerstörung helfen würden, war bei der Entscheidung, die Kathedrale zu digitalisieren, noch nicht absehbar.

Die 3D-Scandaten der Kathedrale dokumentieren hochdetailliert den Zustand des Bauwerks vor dem Brand wie auch den aktuellen Zustand. Notre-Dame wird auch in Zukunft gescannt werden. Die regelmäßigen Scans helfen, Schäden am Bau zu analysieren, den Bau zu sichern, dienen bei der Durchführung von Reparaturen als Grundlage und werden auch bei der Entwurfsplanung genutzt.

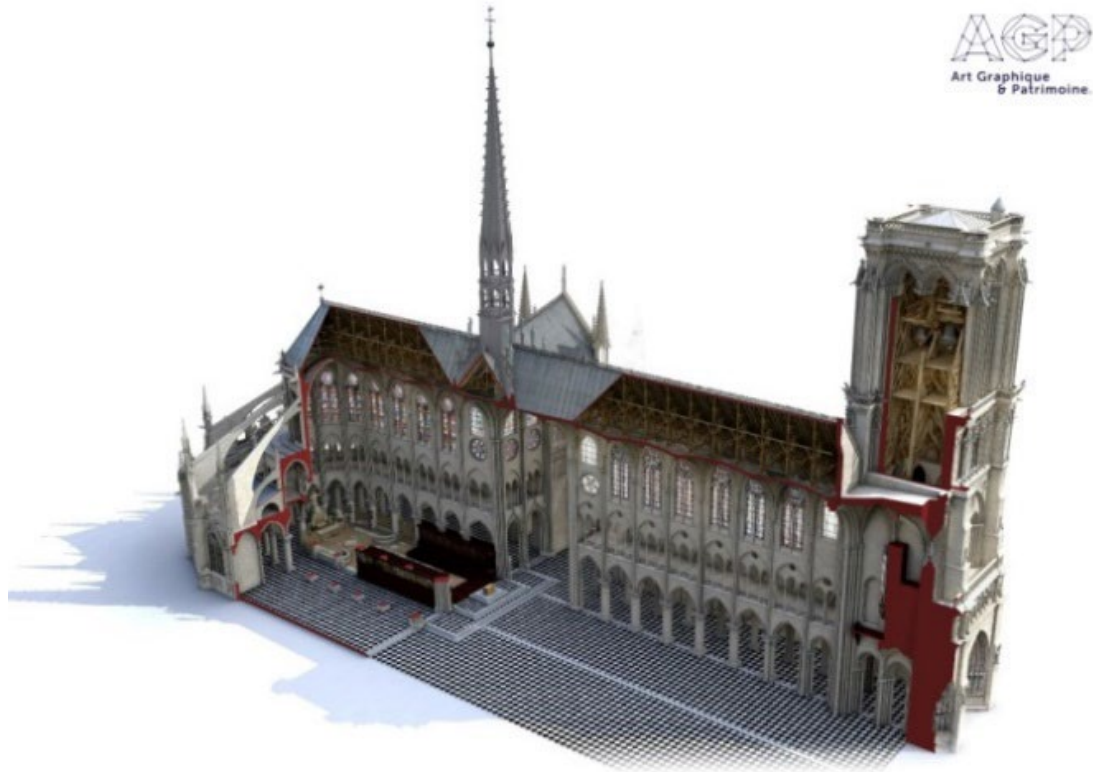


Abb. 3.1.3-2: Autodesk Revit-Modell von Notre-Dame, Paris. Courtesy of Art Graphique & Patrimoine, AGP (<http://www.artgp.fr>).

### 3.1.2 Bestandsdokumentation für die BIM-orientierte Entwurfsplanung

Beitrag von Ulrich Völter

#### Problemstellung/Ziel

Jahr für Jahr zieht die Outlet-City über drei Millionen Besucher in die baden-württembergische Gemeinde Metzingen. Viele Besucher kommen mit der Bahn. Grund genug für die Stadt Metzingen und die *DEUTSCHE BAHN*, den Metzinger Bahnhof zu modernisieren und mit barrierefreien Zugängen zu allen Gleisen auszustatten. Die *DB STATION&SERVICE AG*, Regionalbereich Südwest erteilte der *INTERMETRIC GMBH* den Auftrag, für dieses Projekt den Bestand des Bahnhofs vermessungstechnisch zu erfassen und in der BIM-Software *AUTODESK REVIT* zu modellieren (Abbildung 3.1.2-1).



Abb. 3.1.2-1: Revit-Modell des Bahnhofs Metzingen.

#### Hintergrund

Bereits 2017 hat die *DB STATION&SERVICE AG* beschlossen, neue Projekte generell nach der BIM Methode zu planen und zu realisieren. In der Folge wurde von der *DB STATION&SERVICE AG* ein umfangreiches Regelwerk entwickelt. Dieses enthält auch eine Leistungsbeschreibung für planungsbegleitende Vermessungsarbeiten. Darin wird festgelegt, dass Bestandsmodelle als Grundlage für die Entwurfsplanung in den Formaten *AUTODESK REVIT* (\*.rvt) und IFC zu übergeben sind.

Mit diesem Übergang, statt eines Planwerks ein parametrisches, attribuiertes Modell in den Mittelpunkt der Projektkommunikation zu stellen, wird die Stufe 2 im sogenannten BIM-Reifegradmodell praktisch umgesetzt und der Einstieg in die Welt der BIM-Projekte geschafft. Das BIM Reifegradmodell beurteilt die Datenbasis und die Zusammenarbeit in Bauprojekten und klassifiziert die Projekte in die Stufen 0 (Austausch von 2D Zeichnungen, bestehend aus Linien, Bögen, Text) bis 3 (voll integrierte Zusammenarbeit an einem gemeinsamen Modell mit interoperablen Daten).

BIM steht bekanntlich für Building Information Modeling, also dafür, sämtliche relevante Informationen eines Bauwerks in einem konsistenten Modell zusammenzuführen und dieses über den gesamten Lebenszyklus fortzuführen und zum Mittelpunkt der Kommunikation zwischen allen Beteiligten zu machen. Das „Modell“ ist dabei nicht auf die Geometrie beschränkt. Es soll Material, Dämmung, Kosten, Bauwerksgeometrie, Termine, Abläufe, Beteiligte, Nutzungen, Miet- und Reinigungsverträge enthalten. Die Liste ließe sich beliebig fortsetzen. Bemerkenswert ist: Fast alle Aspekte haben einen Bezug zur Bauwerksgeometrie. Es ist also sinnvoll, die Bauwerksgeometrie in Form eines 3D-Modells als Ordnungsrahmen für alle anderen Informationen heranzuziehen.

Ein Modell der Bauwerksgeometrie, das dieses leisten kann, muss für jeden Aspekt des Modells ein geeignetes Teilobjekt oder Attribut als Ordnungskriterium zur Verfügung stellen. Sollen die Informationen später automatisch ausgewertet werden, ist eine strukturierte Ablage vorzusehen.

Andererseits muss der Auftraggeber entscheiden, welche Aspekte das Modell umfassen soll, denn ein Modell, das alle denkbaren Aspekte umfasst, wird nie fertig werden. Im BIM-Jargon wird diese



Entscheidung in den AuftraggeberInformationsanforderungen (AIA) festgelegt. Der Ersteller des 3D-Modells kann diese Entscheidung unterstützen, treffen muss sie jedoch der Auftraggeber.

Im vorliegenden Fall hat die *DB STATION&SERVICE AG* die AIA in Form des oben erwähnten Regelwerks kommuniziert. Der umfangreiche Bauteilkatalog deckt die Objektplanung neuer Bahnhöfe weitgehend ab. Er liegt in Form einer Bibliothek sogenannter Familien für *AUTODESK REVIT* vor.

### **Bestandsaufnahme**

Die Bestandsaufnahme ist für die *INTERMETRIC* als Ingenieurunternehmen mit über 50jähriger Erfahrung eine Standardaufgabe. Die Dokumentation von Bahnhöfen nach *DB* Standards mit den speziellen Anforderungen an die Aufnahme und die zeichnerische Abbildung von Festpunktfeld, Gleis- und Weichengeometrie, Bahnsteigkanten, Lichtraumeinschränkungen und allen Sonderobjekten im Gleisbereich und auf den Bahnsteigen ist ein mit zahlreichen Vorschriften reglementiertes Fachgebiet, auf das sich die *INTERMETRIC* seit ihren Anfängen spezialisiert hat.

Angesichts der Anforderungen an die innere und äußere Genauigkeit aller Objekte im Gleisbereich, wurden diese mittels klassischer Tachymetrie aufgemessen. Zusätzlich wurden alle Objekte mittels Laserscanner erfasst. Die Tachymeterstandpunkte wurden über die vor Ort vorhandenen Gleisvermarkungspunkte im Referenzsystem der Bahn *DB\_REF* frei stationiert. Je Scannerstandpunkt wurden vier mit Kugeln besetzte Passpunkte markiert. Deren Koordinaten wurden im Anschluss mittels tachymetrischer Netzmessung und -ausgleichung im *DB\_REF* bestimmt. Somit lagen alle Messpunkte im selben Referenzsystem vor.

### **Bestandsdokumentation**

Die klassische Dokumentation des Bahnhofs erstellte die *INTERMETRIC* großteils in den üblichen Dokumentenarten: Querprofile, Schachtblätter für Kabel- und Entwässerungsschächte, je Gleis ein Soll-Ist-Vergleich der Gleisgeometrie. Auf das Erstellen eines Lageplans für alle oberirdischen Objekte (Iv-Plan) sollte zugunsten des zu erstellenden 3D-Revit-Modells verzichtet werden.

Die *INTERMETRIC* hat 2004 begonnen, Laserscanning im Tunnelbau und für Kollisionsanalysen einzusetzen. Im Laufe der Jahre kamen viele weitere Aufgabenstellungen hinzu. Die *INTERMETRIC* deckt das aktuelle Spektrum der ingenieurgeodätischen Punktwolkenbearbeitung ab. Das Modellieren eines kompletten Bahnhofs in *REVIT* nach vorgegebenen Standards war aber etwas Neues.

Von Bedeutung ist das Koordinatensystem. *REVIT* kennt weder geodätische Koordinatensysteme noch siebenstellige Koordinaten. Die Koordinaten des Gauß-Krüger-Systems *DB-REF* müssen für *REVIT* gekürzt werden. Das ist unschön, lässt sich aber handhaben. Der lokale Abbildungsmaßstab für den Bahnhof Metzingen ließe sich außerhalb von *REVIT* bestimmen und an die Punktwolke anbringen, so könnte eine Modellierung direkt im Referenzsystem erfolgen. Alternativ könnte in *REVIT* maßstabsfrei modelliert und die Korrekturen beim Übergang in das geodätische System angebracht werden. Auch dieses Vorgehen wäre alles andere als ideal, da sich mannigfaltige Quellen für Fehlinterpretationen ergeben, besonders dann, wenn andere Projektbeteiligte, die in Fragen der Abbildungsverzerrungen wenig bis gar nicht geschult sind, mit diesen Themen konfrontiert werden.

Angesichts der Einschränkungen von *REVIT* hinsichtlich der Koordinatensysteme ist es am einfachsten, das gesamte Projekt im Maßstab 1:1 abzuwickeln und die Einpassung in das übergeordnete System den Geodäten zu überlassen. Für den Bahnhof Metzingen mit seiner recht begrenzten Ausdehnung ist das ein gangbarer Weg. Für ein Unternehmen wie die *DEUTSCHE BAHN*, die auch weitaus größere Liegenschaften hat und noch dazu das Streckennetz, welches sich über die gesamte Republik erstreckt, ist dies aber wohl keine Option, die über Pilotprojekte hinausreicht. Hier sollte ein Softwaresystem gefunden werden, das mit geodätischen Systemen umgehen kann.

Eine weitere Hürde ergab sich aus dem vorgegebenen Objektkatalog. An sich ist dies die Idealvorstellung des Bestandsdokumentierers: Jedes in der Realität vorgefundene Objekt hat eine digitale

Entsprechung im Katalog und muss nur an der richtigen Stelle mit der korrekten Ausrichtung und evtl. Dimensionierung platziert werden. Sind noch Sachdaten zu erfassen, können sie in die vorgegebenen Attribute eingetragen werden, um das Objekt zu vervollständigen. Was aber ist zu tun, wenn der Objektartenkatalog die vorgefundene Sitzbank nicht enthält? Was ist zu tun, wenn eine Reihe von Lampen aus dem Katalog der vorgefundene ähnelt, diese sich aber durch Attribute unterscheiden, die von außen gar nicht ersichtlich sind, etwa die elektrischen Anschlusswerte?

Ist es ein Ausweg, den Objektartenkatalog bzw. die *REVIT*-Familien im Zuge der Bestandsdokumentation zu erweitern und anzupassen, sodass die in der Realität vorgefundenen Objekte tatsächlich abgebildet werden können? Ja, aber nur dann, wenn er mit dem Auftraggeber explizit so vereinbart ist (siehe AIA) und wenn die Regeln, nach denen der Katalog bzw. die *REVIT*-Familien zu modifizieren sind, genau festgelegt sind. Zu diesen Regeln gehört selbstverständlich auch die Vergütung des entstehenden Aufwands. Ohne entsprechende Regelung ist davon auszugehen, dass nachfolgende Gewerke, die das Modell auf Basis des ursprünglich vereinbarten Objektartenkatalogs nutzen wollen und evtl. automatische Abfragen erstellt haben, mit den neuen Objekten nichts anfangen können und somit zu falschen Ergebnissen kommen. Wer trägt dann dafür die Verantwortung?

Gibt es eine Alternative zur Verfeinerung des Objektartenkatalogs? Ich denke, ja: Im 2D Lageplan sind viele Objekte sehr stark abstrahiert. Eine Lampe wird als Kreis mit acht Strahlen abgebildet. Da ist es klar, dass über die Farbe, das Material und die Leuchtstärke gar keine Aussage gemacht wird. Sie kann also auch nicht falsch sein. Ziel muss es also sein, dem Ersteller der Bestandsdokumentation, also dem Geodäten, Objekte zur Verfügung zu stellen, die den richtigen Abstraktionsgrad haben, und zwar den, für den er auch die Verantwortung übernehmen kann.

Falls bekannt ist, dass alle in einer aufzumessenden Liegenschaft vorkommenden Objekttypen a priori bekannt sind und diese äußerlich klar zu unterscheiden sind, so ist es zweckmäßig, all diese in der Modellbibliothek vorzuhalten. Sie können dann auch mit solchen Attributen versehen sein, für die der Geodät keine Verantwortung übernehmen kann. Deren konkrete Parameter sind entweder direkt mit dem Objekttyp verknüpft oder von weiteren projektbeteiligten Planern zu füllen.

Im Regelfall ist bei Bestandsaufnahmen aber mit unvorhergesehenen Objekten zu rechnen. Es ist also zu regeln, welcher Objekttyp zu wählen ist, wenn ein bislang nicht im Katalog vorhandenes Objekt vorgefunden wird, oder ob nicht besser ein reines Geometrieobjekt zu platzieren ist.

### Erfahrungen

Wie immer schafft ein klärendes Gespräch mit dem Auftraggeber Transparenz und hilft, ein gemeinsames Verständnis und schließlich eine Lösung zu finden. Wichtig ist, dass alle Projektpartner lösungsorientiert an den Herausforderungen arbeiten. Im vorliegenden Fall konnten alle Fragestellungen geklärt und ein gutes Ergebnis erzielt werden (Abbildung 3.1.2-2 und Abbildung 3.1.2-3).

Die BIM Methode bietet viele neue Möglichkeiten und ebenso viele Stolpersteine. Es ist unsere Aufgabe als Ingenieure, Letztere aus dem Weg zu räumen, um von ersteren profitieren zu können. Angemessene Pilotprojekte wie das in Metzingen sind der richtige Weg dahin.



Abb. 3.1.2-2: Bahnhof Metzingen.



Abb. 3.1.2-3: Revit-Modell – Detail.

### 3.1.3 BIM für die Infrastruktur – Praxischeck mit der HPC AG

*Beitrag von Ines Lämmel und Annette Göthner*

#### **BIM in der Infrastruktur – funktioniert das?**

Der Gedanke, dass sich BIM (Building Information Modeling) nicht nur auf den Hochbau bezieht, ist mittlerweile in vielen Planungsbüros angekommen. Parallel dazu hält sich aber auch noch immer das Vorurteil, dass BIM in der Infrastruktur entweder gar nicht funktioniert oder zumindest aufgrund eines fehlenden Datenaustauschformates noch nicht wirklich in der Praxis angewendet werden kann.

Ein wichtiger erster Schritt für ein Umdenken im Unternehmen ist, ein einheitliches BIM-Verständnis zu schaffen. BIM ist dabei als eine Arbeitsmethode hervorzuheben, aus der Workflows für das eigene Unternehmen entwickelt werden. In Bezug auf die in „BIM4INFRA“ beschriebenen BIM-Anwendungsfälle stellt sich schnell heraus, dass dies zum Teil Anforderungen sind, mit welchen ein Unternehmen im Arbeitsalltag bereits konfrontiert wird.

Zum Beispiel:

- Kollisionsermittlung von z. B. Kanal- und Gasleitungen,
- Modellbezogene Mengen- und Massenermittlung für AVA-Software (Datenübergabe, z. B. mit CPIXML),
- Visualisierung und Zusammenarbeit innerhalb von Projekten, z. B. mit BIM 360,
- Entscheidungen aufgrund von Daten, beispielsweise durch Verkehrssimulation.

Wenn diese Zusammenhänge richtig angewendet werden, versteht der Auftraggeber schnell, warum ein BIM-Projekt notwendig ist. Projekte werden immer komplexer. Dementsprechend muss sich auch die Arbeitsweise weiterentwickeln.

#### **Vorteile von BIM auch in der Infrastruktur richtig nutzen**

Mit dem BIM-Mandat 2020 wird klar, dass BIM keineswegs mehr Zukunftsmusik und nicht nur ein Smalltalk-Thema ist. BIM ist bereits im Planungsalltag von vielen großen Unternehmen angekommen und durchdringt den Markt mehr und mehr. Es ist demnach – schon aus Gründen der Wettbewerbsfähigkeit – an der Zeit, sich den zukünftigen BIM-Anforderungen zu stellen.

Eine dieser Anforderungen ist die Softwarenutzung. Kann ich mit der Software, die im Unternehmen genutzt wird, BIM-Anforderungen gerecht werden? Wenn nicht, welche Investitionen sind notwendig? Ein weiterer wichtiger Faktor ist das Thema Weiterbildung. Nur gut geschultes Personal sollte die Umsetzung eines BIM-Projekts realisieren. Der Faktor Mensch spielt eine große Rolle. Das Umdenken in Bezug auf Datenhaltung ist notwendig. Durch verbesserte Kommunikation und Schnittstellenkoordination für alle am Planungsprozess Beteiligten, kann die BIM-Methode Wettbewerbsvorteile schaffen.

Aufgrund zahlreicher Kundengespräche können wir sagen, dass es oftmals die fehlende Grundlagen-Ausbildung ist, die in der Vergangenheit dem Thema BIM in der Infrastruktur nicht zu dem Potenzial verholfen hat, welches in ihm steckt. Arbeiten alle Projektpartner zusammen an einem zentralen Datenmodell und verständigen sich auch auf eine gemeinsame Sprache, hat das sehr viele Vorteile – beispielsweise eine deutlich bessere Auswertbarkeit des Modells sowie den Überblick und die Einhaltung von Zeitplänen und Kosten sowie die damit einhergehende mögliche Simulation von Bauabläufen.

#### **Erfahrungen aus der Praxis: Interview mit Annette Göthner, Abteilungsleiterin CAD & BIM-Koordinatorin bei der HPC AG**

Die HPC AG gehört zu den internationalen Top-Unternehmen im Umweltbereich. Seit 1948 ermöglicht das Unternehmen die Verwirklichung kühner Pläne: Ob Sanierung schadstoffbelasteter Böden, der Bau von Mineralwasserbrunnen oder die Erstellung hochqualitativer Baugrundgutachten – als

Ingenieurunternehmen erarbeiten sie Lösungen für das Flächenrecycling, in der Umweltberatung und in der Infrastrukturplanung.

**CADsys GmbH: Wie und seit wann arbeiten Sie mit der BIM-Methode? Haben Sie bereits BIM-Projekte laufen? Welche Tools setzen Sie ein?**

*Annette Göthner:* Mit dem Thema BIM beschäftige ich mich seit 2017. Zuerst über Veranstaltungen der buildingSMART Regionalgruppe Mitteldeutschland. Dort lag der Schwerpunkt jedoch mehr auf dem Hochbau. Durch zahlreiche weitere Veranstaltungen, unter anderem auch von CADsys, wurde auch das Thema BIM im Tiefbau aufgegriffen. Vor einem Jahr haben wir einen Arbeitskreis gebildet, der sich mit der Umsetzung und Einführung der BIM-Methodik im Unternehmen beschäftigt. Wir haben zurzeit mehrere BIM-Projekte laufen. Es geht unter anderem um den Schwerpunkt Kollisionsprüfung. Im Mittelpunkt stehen bei uns geologische- sowie Baugrund-Modelle. In jedem Fall gibt es eine weitere Datennutzung durch den Kunden.

Bei HPC AG wird zu ca. 80 % mit Autodesk-Produkten gearbeitet. Ich selbst nutze die AEC Collection (Civil 3D, geotechnisches Modul, Navisworks, InfraWorks, DBD-BIM).

**CADsys GmbH: Sie haben vor einiger Zeit unsere 4-tägige BIM-Koordinator-Schulung mit dem Abschluss nach VDI-Richtlinie VDI/bS 2552-8.1 in BIM-Grundlagen absolviert. Können Sie uns etwas zum Nutzen dieses Zertifikats und des Praxisbezugs für Ihr Unternehmen sagen?**

*Annette Göthner:* Das Zertifikat ist zunächst einmal wichtig, um sich als qualifizierter Bearbeiter auszuweisen.

Die Schulung ist sehr umfangreich und grundlegend, sodass man ein BIM-Verständnis entwickelt. Das ist ein sehr wichtiger Punkt für die Herangehensweise an ein BIM-Projekt. Nur so kann man auch dem Auftraggeber vermitteln, welchen Vorteil es bringt, nach der BIM-Methodik zu arbeiten.

Man muss mit den Begrifflichkeiten umgehen können. Als BIM-Koordinator muss man ein fundiertes Wissen zum Thema Datenhaltung und Zusammenführung von Modelldaten haben. Ein weiterer Punkt ist auch das Thema VDI-Richtlinie. Sie beinhaltet Informationen, die für die Erstellung einer AIA (Auftraggeber-Informationsanforderung) bzw. BAP (BIM-Abwicklungsplan) sehr hilfreich sind. Natürlich spielt auch der Praxisteil eine große Rolle.

Was habe ich für Möglichkeiten der Softwarenutzung bei der Umsetzung meines BIM-Projekts? Wie kann ich über Eigenschaften auch Tiefbauelemente semantisch modellieren? Wie sind diese Eigenschaften für den Auftraggeber abrufbar? Wie funktioniert der Datenaustausch über IFC? Das sind alles Themen, die für die weitere Bearbeitung nach der BIM-Methodik wichtig sind und in der Schulung im Praxisteil vermittelt werden.

**CADsys GmbH: Wieso haben Sie sich für eine Schulung und nicht für „Learning by doing“ entschieden?**

*Annette Göthner:* Man kann sich das Wissen nicht selbst in dieser Komplexität aneignen. Die einzelnen Schulungspakete sind ineinander übergreifend. Man merkt, dass bei CADsys ein großes Fachwissen vorhanden ist, was in der Schulung weitergegeben wird. Durch das Mitwirken der einzelnen Fachreferenten ist garantiert, dass jeder Schulungsteil auf aktuellem Wissen basiert.

**CADsys GmbH: Wie schätzen Sie aus Ihrer Erfahrung die Entwicklungen rund um BIM in der Infrastruktur ein?**

*Annette Göthner:* Die Erfahrungen in meiner Firma sind sehr positiv. Die Digitalisierung ist notwendig, um wettbewerbsfähig zu bleiben. In der Digitalisierung ist das Thema BIM fest integriert. Auch wenn erst Mehrkosten entstehen, wird es perspektivisch ein großer Vorteil sein, nach der BIM-Me-

thodik zu arbeiten. Wir haben die Erfahrung gemacht, dass BIM-Projekte meist im laufenden Ausführungsprozess beauftragt werden. Ich denke, hier merkt auch der Auftraggeber, wie wichtig es ist, Projekte mit mehreren Fachgewerke schon in der Planungsphase als BIM-Projekt auszuschreiben.

**CADsys GmbH: Haben Sie bereits Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) erhalten? Falls ja, wie würden Sie diese bewerten?**

*Annette Göthner:* Nein, leider habe ich noch keine AIA erhalten. Da fehlt eben auch bei den Auftraggebern das fachliche Wissen was AIA und BAP betrifft. Aber ich hoffe beim nächsten BIM-Projekt!

**Praxisbeispiel**

Ein aktuelles Projekt der HPC AG ist die Erstellung eines geologischen Schichtmodells mit Homogenbereichen über das gesamte Planungsgelände unter Einbindung der Pfahlgründung. Über Eigenschaftensätze wurden an den Schichten sowie an den Bohrprofilen die geotechnischen und geologischen Auswertungen Teufen-orientiert hinterlegt und für den Kunden abrufbar auf BIM 360 bereitgestellt. Bei diesem Projekt erfolgt eine Weiterführung der BIM-Modelle für weitere Standorte.

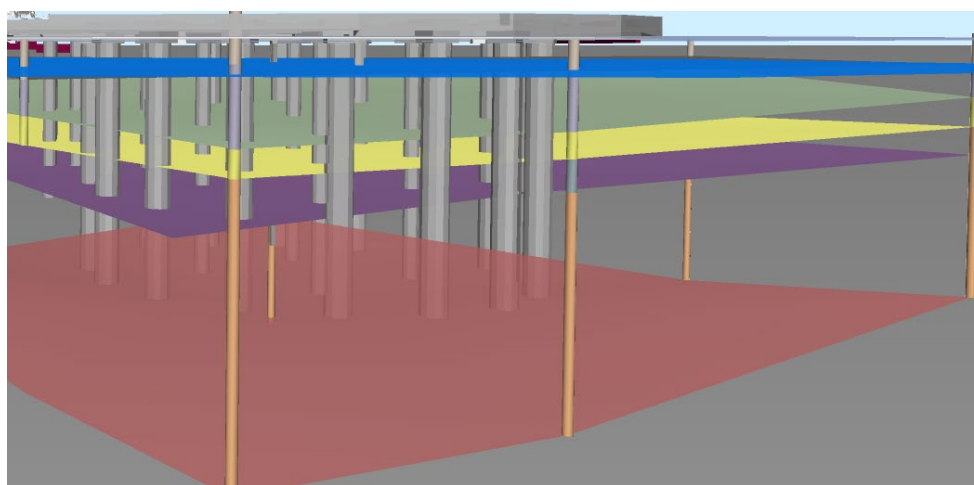


Abb. 3.1.13-1: Praxisbeispiel: Geologisches Schichtmodell mit Homogenbereichen.

**Abschlussstatement**

*„Weniger schätzen – mehr fundierte Daten um Infrastruktur-Projekte so effizient wie möglich zu realisieren! Durch die BIM-Grundlagen-Schulung der Firma CADsys GmbH bin ich, bereits seit der Entscheidung in unserem Unternehmen die BIM-Methode einzuführen, gut beraten und weiß mich in unseren ersten BIM-Projekten auf Augenhöhe mit unseren Auftraggebern zu begegnen. Das Zertifikat zur BIM-Koordinatorin Infrastruktur fügen wir allen Ausschreibungen bei und schaffen uns so einen Wettbewerbsvorteil zu unseren Mitbewerbern. Wir selbst sind auch in die Offensive gegangen und haben bei Firmen nachgefragt, warum sie keine BIM-Projekte machen. Die Resonanz war sehr positiv. In unseren mittlerweile gut angelaufenen BIM-Projekten konnten wir gemeinsam mit der Firma CADsys GmbH jede Menge Erfahrung sammeln. Als neueste Innovation wurde zur Zusammenarbeit mit Partnern BIM 360 collaborate Pro eingeführt.“*

Annette Göthner, HPC AG



Abb. 3.1.13-2: Annette Göthner, HPC AG, Autodesk Certified Professional Civil 3D | Abteilungsleiterin CAD | BIM Koordinatorin | Konstruktions- und CAD Abteilung.

### 3.1.4 TLS-gestützte Geometrieüberprüfung einer Schleusenkammer auf Basis eines BIM-as-planned-Modells

Beitrag von Elena Pavlova und Katja Heine

#### Problemstellung/Ziel

Die Überprüfung der Ist-Geometrie eines Bauwerks, sei es als Ergebnis der baulichen Errichtung oder als Folge der auf das Bauwerk einwirkenden Umweltzustände und Belastungen, ist seit jeher eine Aufgabe der Ingenieurgeodäsie. Mit der Bereitstellung von dreidimensionalen Bauwerksgeometriemodellen im Kontext des BIM-Prozesses erweitern sich die Möglichkeiten dieser Überprüfung, aber auch die der Dokumentation der Analyseergebnisse. Während klassischerweise bei der Bauwerksüberwachung einzelne Geometrieelemente überprüft werden, können heute verschiedene Geometriemodelle des gesamten Bauwerks gegenübergestellt werden. Je nach Zuordnung zur Lebensphase des Bauwerks können as-planned, as-built oder as-is-Modelle unterschieden werden (vgl. (Becker, Clemen, & Wunderlich, 2020)). Im Rahmen einer Masterarbeit (Pavlova, 2021) wurde untersucht, welche Softwaretools und welcher Workflow in einer *AUTODESK REVIT*-Umgebung für die Geometrieüberprüfung einer Schleusenkammer sowie die Dokumentation der Ergebnisse geeignet sind. Bei dem überprüften Bauwerk handelt es sich um eine ca. 50 m lange und 6 m breite Schleuse im Lausitzer Seenland, welche aufgrund des Flutungskonzepts der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft (LMBV) zum Zeitpunkt der Messung noch nicht in Betrieb genommen worden war. Die as-built-Dokumentation, wurde aus ökonomischen Gesichtspunkten auf die Schleusenkammer und hier speziell auf die Schleusenwände fokussiert.

#### Lösungsweg

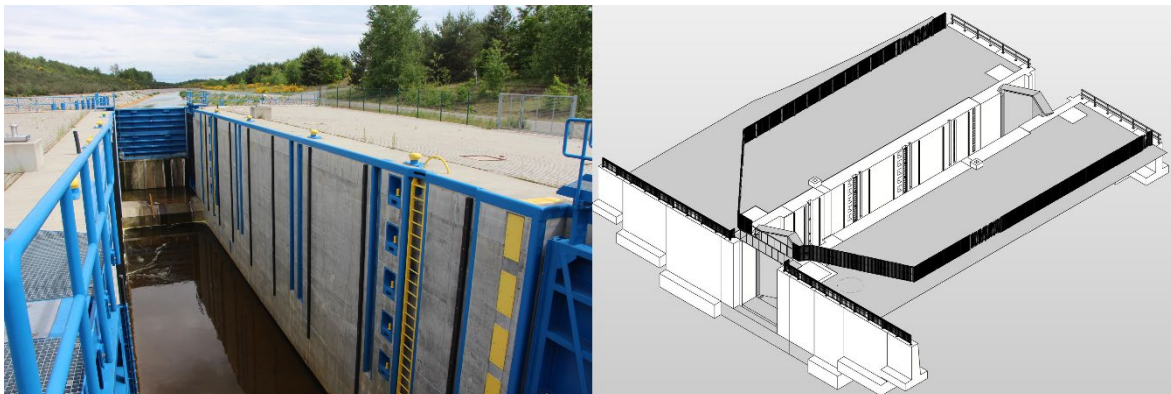


Abb. 3.1.4-1: Blick in die Schleusenkammer (Foto: Palme), BIM-Modell der Schleuse.

Das as-planned-Modell der Schleuse wurde im Rahmen einer BIM-Lehrveranstaltung im Masterstudium Bauingenieurwesen auf Basis der 2D-Planungsunterlagen der Firma *INROS LACKNER* erstellt. Für die Geometrieerfassung der Schleusenkammer mittels TLS wurde eine *LEICA* Scanstation C10 eingesetzt. Die Registrierung der Punktwolken erfolgte über vorab in einem lokalen Bauwerkskoordinatensystem ermittelte Pass- und Verknüpfungspunkte mithilfe der Software *CYCLONE* der Firma *LEICA GEOSYSTEMS*. Anschließend erfolgte ein Import der Daten in *AUTODESK RECAP*. Ein Problem der Projektbearbeitung war, dass das lokale Bauwerkskoordinatensystem nicht identisch mit dem *REVIT*-Projektkoordinatensystem war und eine präzise Referenzierung aus logistischen Gründen über Passpunkte nicht möglich war. Eine genaue Ausrichtung von Modell und Punktwolke fand erst im Zuge der Bearbeitung über die aus der Punktwolke ermittelten Geometrien der Wandebenen statt. Die Geometrieüberprüfung erfolgte in drei Stufen:

1. Überprüfung der Ebenheit der einzelnen Abschnitte der Kammerwände,
2. Untersuchung der relativen Lage der Wandabschnitte zueinander,

### 3. Überprüfung der Abmessungen der Schleusenammer.

Da in der Punktwolke Objekte abgebildet wurden, die nicht Bestandteil des digitalen Bauwerksmodells waren, wie zum Beispiel Ankerlöcher und Schalungsfugen, wurden diese aus der Punktwolke entfernt, ebenso Einbauten wie Leitern, Gleitleisten und Nischen. Die aufbereitete Punktwolke wurde anschließend als RCP-Datei exportiert und in das *REVIT*-Projekt des as-planned-Modells eingelesen.

Für die Überprüfung der Wandebenheit wurden folgende Softwareprodukte getestet:

- *FARO AS-BUILT für REVIT*
- *FARO AS-BUILT für AUTODESK*
- *AUTODESK POINT LAYOUT für REVIT*
- *CLOUDCOMPARE*

Für die Analyse mithilfe der beiden *FARO AS-BUILT* Aufsätze sowie mit *CLOUDCOMPARE* wurden jeweils zunächst vermittelnde Ebenen aus den Punktwolken der jeweiligen Wandabschnitte bestimmt. In *REVIT 2020* wurde anschließend basierend auf der vermittelten Ebene jeweils eine Projektfamilie als Baukörper für jeden Wandabschnitt erstellt. Mit der Version 2021 von *REVIT* ist es auch möglich, nicht senkrecht stehende Wände zu erzeugen, sodass alternativ auf die Erstellung eigener Projektfamilien verzichtet werden kann. Die so erstellten Modelloberflächen dienen dann der Analyse der Punktwolken, also der Ermittlung des Abstands der Punktwolke gegenüber den Referenzoberflächen. Für das Tool „Cloud Analysis“ der Software *POINT LAYOUT* für *REVIT* wurden die erstellten Referenzoberflächen ebenfalls verwendet. Mit *FARO AS-BUILT* für *AUTODESK* sowie *CLOUDCOMPARE* können die vermittelnden Ebenen direkt für die Punktwolkenanalyse genutzt werden. Die Analyseergebnisse, die mit den einzelnen Softwareprodukten erzielt wurden, waren im Wesentlichen identisch. Die Dokumentation erfolgt bei den beiden *REVIT*-Aufsätzen und bei *CLOUDCOMPARE* in Form einer Heatmap mit Angabe verschiedener Genauigkeitsparameter, wobei bei *CLOUDCOMPARE* eine sehr ausführliche statistische Auswertung dokumentiert wird. Bei *FARO AS-BUILT* für *AUTODESK* werden die Ergebnisse zunächst in einem beschrifteten Gitterraster dargestellt, welches im Anschluss entsprechend der Gitterwerte in farblichen Klassenabstufungen visualisiert werden kann.

Die Untersuchung der relativen Lage der Wandabschnitte erfolgte durch die Bestimmung der Lage der angeglichenen Ebenen in der Horizontalen und in der Vertikalen direkt in der Grundriss- und in der Schnittansicht.

Die Geometrie der Schleusenammer wurde über den Vergleich des Soll- und Ist-Zustands der Schleusenammerwände sowie die Bestimmung der realen Schleusenammerbreite überprüft. Hierfür wurden die Analyse mittels *POINT LAYOUT* sowie ein *DYNAMO*-Script zur Geometrieprüfung vergleichsweise getestet. Mit *AUTODESK POINT LAYOUT* wurden zunächst Ist-Punkte aus den Konturlinien der im ersten Untersuchungsschritt erzeugten Wandebenen abgeleitet. Die zugehörigen Soll-Punkte wurden durch eine Projektion der Ist-Punkte auf die Wandflächen des as-planned-Modells erzeugt. Beide Punktgruppen wurden in separate Textdateien exportiert und anschließend einem Vergleich mittels des Tools „Compare“ unterzogen. Das Resultat sind Koordinatendifferenzen zwischen as-planned- und as-built-Punkten. Eine Visualisierung der Punkte erfolgt in den Klassen „identisch“ bzw. „nicht identisch“ durch eine entsprechende Farbgebung. Zusätzlich ist eine Filterung der Koordinatendifferenzen auf Basis vorgegebener Toleranzwerte möglich. Das *DYNAMO*-Script, welches ebenfalls im Rahmen einer Masterarbeit (Hobracht, 2020) erstellt worden ist, berechnet horizontale, vertikale und räumliche Abstände zwischen den korrespondierenden Soll- und Ist-Punkten, welche in dafür angelegten Familien abgelegt sind. Die Abstände werden ebenfalls als adaptive Fa-

milien modelliert. Die Visualisierung der Ergebnisse erfolgt in Abhängigkeit von den ermittelten Differenzstrecken durch unterschiedlich adaptive 3D-Symbole. Eine Filterung der Ergebnisse entsprechend eines vorgegebenen Toleranzwerts ist auch hier möglich. Das Dynamo-Tool kann sowohl für den klassischen Vergleich von Ist- und Soll-Punkten als auch für die Überprüfung von Abständen zwischen Ist-Punkten, wie zum Beispiel den aus den Messungen abgeleiteten Punkten auf den gegenüberliegenden Kammerwänden eingesetzt werden. Letztere Variante wurde für die Überprüfung

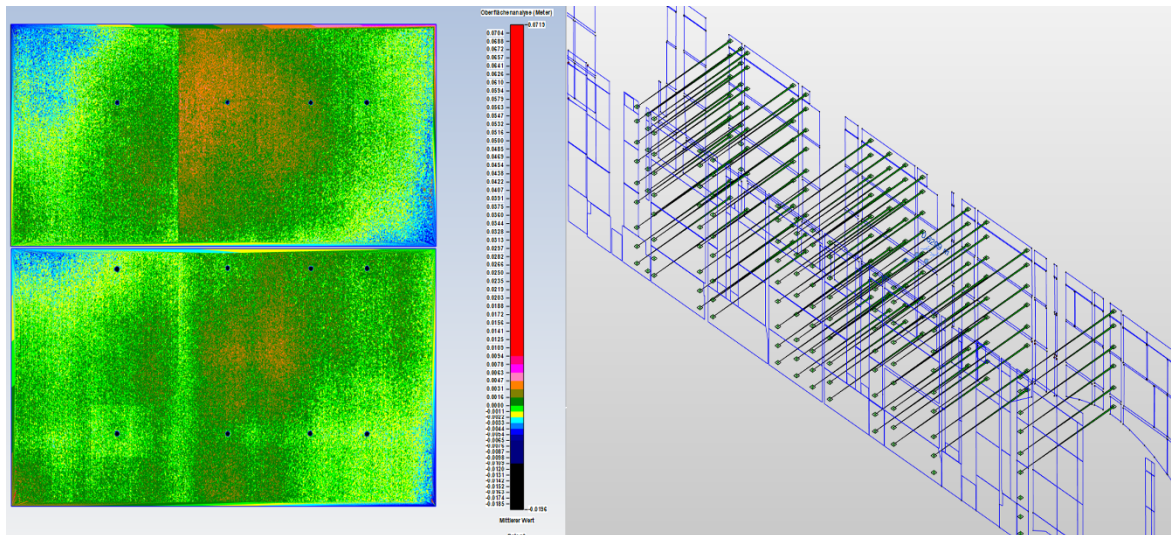


Abb. 3.1.4-2 links: Ergebnis der Punktwolkenanalyse ausgewählter Abschnitte (FARO AS-BUILT für REVIT), rechts: Visualisierte Abstände zwischen Einzelpunkten (DYNAMO-Skript).

der Sollbreite der Schleusenkammer genutzt.

### Erfahrungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass für verschiedene geometrische Prüfaufgaben unterschiedlich Software-Aufsätze nutzbar sind, die bis auf Einzelheiten in der Bedienung und eine etwas unterschiedliche Ergebnisvisualisierung durchaus vergleichbar sind. Insbesondere für die Prüfung der as-built-Geometrie auf der Basis von Punktwolken gegenüber einer Soll-Geometrie (as-planned) stehen leistungsfähige und in die BIM-Umgebung gut eingepasste Programme zur Verfügung. Bei den Programmen zur Überprüfung von Einzelpunkten sind hingegen noch Verbesserungen bezüglich Handhabung und Visualisierungsmöglichkeiten denkbar, was zumindest im Fall des verwendeten Dynamo-Programms durch den Anwender selbst möglich ist.

### Literatur

- Becker, R.; Clemen, Ch.; Wunderlich, T. (2020): BIM in der Ingenieurvermessung. In: DVW e. V. und Runder Tisch GIS e. V. (Hrsg.): Leitfaden Geodäsie und BIM. Version 2.1. Bühl/München, S. 87-103.
- Hobracht, M. (2020): BIM-konforme Geodatenverarbeitung. Masterarbeit, BTU Cottbus – Senftenberg ((unveröffentlicht).
- Pavlova, E. (2021): TLS-gestützte as-built-Dokumentation eines Schleusenkörpers. Masterarbeit, BTU Cottbus – Senftenberg(unveröffentlicht).



### 3.1.5 Next Generation Scan-to-BIM: Ein neuer Ansatz zur strukturierten Datenerfassung für as-built Indoor-Modelle

Beitrag von Bastian Plaß und Thomas Klauer

#### Problemstellung

Mithilfe von Building Information Modeling (BIM) und damit in Zusammenhang stehenden Softwarelösungen werden Bauvorhaben über ihren Lebenszyklus nachhaltig organisiert und effizient abgewickelt. Dabei erstreckt sich die Wertschöpfung neben der Planung und Ausführung von Neubauprojekten auch auf die Erfassung und Bewirtschaftung von Bestandsbauwerken, welche den verhältnismäßig größeren Anteil am Bauwerksbestand in Deutschland ausmachen und mit über 32.500 Baumaßnahmen 2020 einen treibenden Wirtschaftsfaktor darstellen (Destatis 2021).

Die realitätsgetreue Erfassung und anschließende Modellierung von Bestandsbauwerken zu einem as-built-Modell wird als Scan-to-BIM bezeichnet und stellt eine notwendige Voraussetzung für strategische Entscheidungen u. a. im industriellen Facility Management, dem öffentlichen Besuchermanagement (z. B. Projekt *GEMEINSAM* am i3mainz) und auch in der privaten Pflegeplanung (z. B. Projekt *BIM4CAIRE* am i3mainz) dar. Scan-to-BIM greift etablierte Verfahren der Geodäsie auf, wie z. B. das terrestrische Laserscanning (TLS) zur flächenhaften Abtastung von Objektrepräsentationen aus einzelnen Scanstationen, und liefert als Ergebnis eine texturierte 3D-Punktwolke. Die Punktwolken aus mehreren Scanstationen werden im Nachgang registriert und notwendigen Vorverarbeitungsschritten (Transformation, Filterung, Sampling, Ableiten von Schnittansichten) unterzogen, um anschließend als geometrische und semantische Datengrundlage für die as-built-Modellierung zu dienen. Der vierkomponentige Arbeitsablauf (Datenerfassung, Registrierung, Vorverarbeitung und as-built-Modellierung) erfordert diverse Fachkenntnisse, welche durch Anforderungsdefinitionen an das as-built-Modell (Level of Geometry, LOG und Level of Information, LOI) die Datenerfassungs- und Modellierungsroutinen betreffen. Darüber hinaus weisen 3D-Punktwolken von Indoor-Szenen eine ungleichmäßige Dichte, signifikante Abschattungsbereiche und zufällige Punktverteilung auf (Plaß et al. 2021). Diese Charakteristiken wirken sich stark auf den Modellierungsprozess aus, welchem es somit durch subjektive, fehleranfällige und zeitaufwendige Arbeitsroutinen an Automatisierungspotenzial mangelt (López Iglesias et al. 2020, Son et al. 2015, Volk et al. 2014, Hichri et al. 2013).

#### Scan-to-BIM beschäftigt Geodäten, Bauingenieure, Software-Entwickler und Wissenschaftler

Damit BIM auch für Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden attraktiv und wirtschaftlich wird, arbeiten verschiedene Fachdomänen daran, den bislang stark manuellen Scan-to-BIM-Prozess mit intelligenten Softwarelösungen zu verbessern und damit den Automatisierungsgrad zu erhöhen.



Abb. 3.1.5-1: Phasen des automatisierten Scan-to-BIM-Prozesses am Beispiel der Datenaufnahme mittels TLS nach Martens et al. (2020) und Plaß (2020).

Der automatische Scan-to-BIM-Prozess ist in vier Phasen gegliedert, die sich, wie in Abb. 3.1.5-1 dargestellt, von denen des oben beschriebenen Hands-on-Verfahrens unterscheiden. Im Hinblick auf die angestrebte Automatisierung erfüllen moderne TLS-Systeme die Aufgabe der Datenerfassung und Registrierung bereits vor Ort zuverlässig und genau. Mit dem Ziel, die erzeugten 3D-Punkt-

wolken maschinell zu verarbeiten, werden Punktmengen im Rahmen einer Segmentierung in zusammenhängende Bereiche strukturiert und darin spezifische Objekte durch Klassifikationsalgorithmen identifiziert, welche als Folge dessen für das geometrische Fitting zu as-built-Bauteilkomponenten dienen. Insbesondere die vielfältigen Geometrieausprägungen und Punktwolkencharakteristiken einzelner Objekte machen die Segmentierung, Klassifikation und BIM-Modellierung zu herausfordernden Aufgaben, die als Nachverarbeitungsschritt derzeit auch durch selbstlernende Algorithmen aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI) nur eingeschränkt lösbar sind (Ponciano et al. 2021). Eine Alternative diese Herausforderung zu lösen stellt die starke Vereinfachung der erfassten 3D-Punktwolken dar – mit der Konsequenz, dass somit keine realistische as-built-Modellierung möglich ist (Murali et al. 2017). Dieser Status quo bewirbt Scan-to-BIM als ein bedeutendes Forschungsfeld.

### Lösungsvorschlag

Bezugnehmend auf die Studienergebnisse von Pläß et al. (2021) erreichen bereits heute günstige Consumer-Produkte, wie bspw. aus dem Apple-Pro-Portfolio mit LiDAR-Sensorik, zentimetergenaue und flächendeckende 3D-Punktwolken, die für eine as-built-Modellierung von Indoor-Szenen zum Zwecke der Bewertung von Wohnraumsituationen für die häusliche Pflege geeignet sind. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen und den Herausforderungen des in der Literatur vorgeschlagenen, automatisierten Scan-to-BIM-Prozesses (vgl. Abb. 3.1.5-1) schlagen die Autoren einen in der akademischen Welt bislang neuartigen, CAD-modellfreien Ansatz vor, welcher Datenerfassung und Objektklassifikation in einem echtzeitfähigen Schritt simultan löst und als Ergebnis eine intelligente 3D-Punktwolke für die Fortsetzung der Scan-to-BIM-Routine bereitstellt.

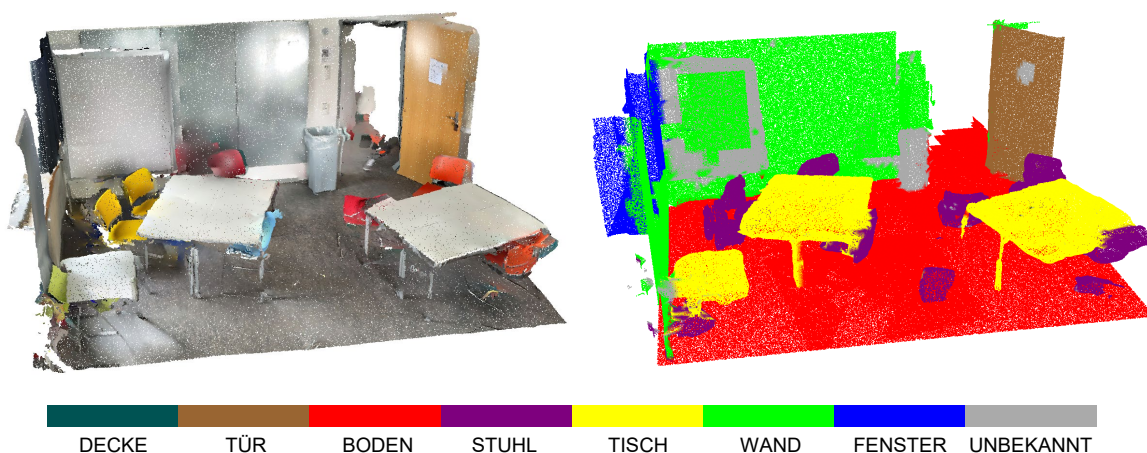


Abb. 3.1.5-2: Visualisierung der RGB-texturierten (links) und in Echtzeit klassifizierten (rechts) 3D-Punktwolke durch die entwickelte AR-Anwendung, erfasst mit einem Apple iPhone 12 Pro.

Im Mittelpunkt dieses Ansatzes steht einerseits der LiDAR-Sensor zur detaillierten Umgebungserfassung und andererseits das Augmented-Reality-(AR-)Framework *ARKIT 5* von Apple Inc. zur flexiblen Datenprozessierung auf den leistungsstarken Grafikprozessoren der mobilen Endgeräte. Dank LiDAR können hochauflösende Tiefeninformationen erfasst und mittels RGB-Informationen aus dem Kamerafeed als texturierte 3D-Mesh-Objekte zugänglich gemacht werden. Darüber hinaus bietet das Framework die Klassifikation einzelner Mesh-Patches in acht unterschiedliche Klassen durch Verfahren der KI an. Unter den Klassen befinden sich sowohl raumstrukturierende Elemente, wie Boden, Wand und Decke, als auch Nutzungsgegenstände, wie Stuhl, Tisch, Tür und Fenster (siehe Abb. 3.1.5-2). Durch den Algorithmus nichtidentifizierbare Objekte werden der Klasse unbekannt zugeordnet. Der in der Entwicklung befindliche iOS-Prototyp ermöglicht unter Einsatz von Low-

Cost-Hardware die detaillierte Erfassung von Indoor-Objektrepräsentationen und die Verknüpfung mit semantischen Objektattributen. Mit der daraus resultierenden, strukturierten 3D-Punktwolke wird der Scan-to-BIM-Prozess signifikant beschleunigt und stark vereinfacht.

### **Erfahrungen und Ausblick**

Erste Ergebnisse dieses neuartigen Kombinationsverfahrens zeigen große Stärke im Bereich der Indoor-Datenerfassung für as-built-Dokumentationen mit Genauigkeitsanforderungen im Zentimeterbereich und damit das Potenzial, einen neuen State-of-the-Art Scan-to-BIM-Prozess zu definieren. Die benutzerfreundliche Lösung eröffnet auch Fachfremden die Möglichkeit einer vollständigen Datenaufnahme von Bestandsbauwerken, indem das integrierte Live-Feedback erfasste Regionen markiert, um Informationslücken im Datensatz frühzeitig zu erkennen. Darüber hinaus werden rechenintensive Nachverarbeitungsschritte, meist in multiplen, zyklischen Etappen, durch die simultane Auswertung eingespart, und damit der komplexe Punktwolken-Verarbeitungsprozess Scan-to-BIM erheblich vereinfacht.

Ziel dieser Arbeit ist die prototypische Bereitstellung einer iOS-Anwendung, die über die acht vordefinierten Klassen hinaus Objekte aus Indoor-Szenen mittels KI-Verfahren identifizieren und im Falle nicht ausreichender Punktmengen eine nachträgliche Erweiterung anbieten kann. Diese erweiterten Funktionalitäten befinden sich derzeit in der Entwicklung und werden in der zweiten Jahreshälfte 2021 veröffentlicht.

### **Literatur**

- Destatis – Statistisches Bundesamt (2021): Baufertigstellungen von Wohnungen im Jahr 2020: +4,6 % gegenüber Vorjahr. Pressemitteilung Nr. 250 vom 27.05.2021. Online verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/05/PD21\\_250\\_31121.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/05/PD21_250_31121.html).
- Hichri, N.; Stefani, C. et al. (2013): Review of the "As-Built BIM" Approaches. In: *Int. Arch. Photogram. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XL-5/W1, S. 107-112.  
DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-5-W1-107-2013.
- López Iglesias, J.; Díaz Severiano, J. A. et al. (2020): Revision of Automation Methods for Scan to BIM. In: *Advances in Design Engineering*. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes in Mechanical Engineering), S. 482-490.
- Martens, J.; Blankenbach, J. (2020): An evaluation of pose-normalization algorithms for point clouds introducing a novel histogram-based approach. In: *Advanced Engineering Informatics* 46. DOI: 10.1016/j.aei.2020.101132.
- Murali, S.; Speciale, P. et al. (2017): Indoor Scan2BIM: Building information models of house interiors. In: 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE, S. 6126-6133.
- Plaß, B. (2020): An Overview of Approaches for automated intelligent Building Information Modeling. In: *Proc. of FIG Working Week*.
- Plaß, B.; Emrich, J. et al. (2021): Evaluation of Point Cloud Data Acquisition Techniques for Scan-to-BIM Workflows in Healthcare. In: *Proc. of FIG e-Working Week*.
- Ponciano, J.-J.; Roetner, M. et al. (2021): Object Semantic Segmentation in Point Clouds – Comparison of a Deep Learning and a Knowledge-Based Method. In: *IJGI* 10 (4), S. 256.  
DOI: 10.3390/ijgi10040256.
- Son, H.; Kim, C. et al. (2015): Scan-to-BIM – An Overview of the Current State of the Art and a Look Ahead. In: *Proceedings of the 32nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC 2015)*.
- Volk, R.; Stengel, J. et al. (2014): Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs. In: *Automation in Construction* 38, S. 109-127.  
DOI: 10.1016/j.autcon.2013.10.023.

### 3.1.6 Verfügbarkeitsprojekt A10/A24 – Lebenszyklusansatz mit openBIM

*Beitrag von Thomas Tschickardt*

#### **Einleitung**

Bei dem Projekt „Verfügbarkeitsmodell A10/A24“ handelt es sich um das erste Projekt, bei dem Planung, Ausführung und Erhaltung mit BIM aus einer Hand erfolgen. Das Vorhaben geht mit einem in die operativen Prozesse integrierten BIM-Ansatz bis in die Erhaltung über die Erfahrungen der bisherigen Pilotprojekte hinaus. Auftragnehmer und Gesamtprojektverantwortlicher ist die Projektgesellschaft Havellandautobahn GmbH & Co. KG mit den Gesellschaftern BAM PPP und PGGM (70 %) sowie HABAU PPP GmbH (30 %). Mit den Planungs- und Bauleistungen wurde die ARGE A10/A24 Havellandautobahn als Generalunternehmer beauftragt. Diese Bau-ARGE besteht zu jeweils 50 % aus der Wayss & Freytag Ingenieurbau AG und der HABAU Hoch- und Tiefbaugesellschaft m. b. H. Betrieb und Erhaltung erfolgen durch die Havellandautobahn Services GmbH & Co. KG. Die Vertragsstrecke umfasst rund 64,2 km, ist in zehn Abschnitte eingeteilt und wird in weniger als fünf Jahren unter laufendem Verkehr ausgebaut bzw. erneuert, um dem künftigen Verkehrsaufkommen gerecht zu werden. Ein Abschnitt wird ausschließlich mit der BIM-Methodik geplant, gebaut und erhalten. Der Abschnitt hat eine Länge von 5,5 km und beinhaltet zwei Tank- und Rastanlagen, die dazugehörenden zwei Verkehrszeichenkragarme, um die Ausfädelung zu signalisieren, eine 265 m lange Lärmschutzwand und den Ersatzneubau eines Brückenbauwerks über eine Gemeindestraße. Bis heute existieren in Deutschland nahezu keine einheitlichen Standards und Methoden für die Implementierung sowie Anwendung von BIM im Verkehrswegebau. Dies spiegelt sich u. a. anhand der Nutzung vieler unterschiedlicher Softwarelösungen zur Erfüllung der geforderten Leistungen unter BIM wider. Eine Vielzahl von Softwareanbietern bietet zwar geschlossene BIM-Lösungen an, jedoch sind diese aufgrund ungelöster Schnittstellenproblematiken speziell im Infrastruktur- und Ingenieurbau in der Regel nicht mit einem Open-BIM-Ansatz im Projekt vereinbar. Infolgedessen bedarf es leistungsfähiger Schnittstellen speziell für den Verkehrswegebau, die den Anforderungen an den Open-BIM-Prozess gerecht werden.

#### **Lösungsweg**

Im Projekt wurde daher eine innovative und integrierte Software-, Daten- und Prozessumgebung entwickelt (siehe Abb. 3.1.6-2), um einen durchgängigen Informationsfluss über alle Projektphasen sicherzustellen. Dank der intensiven Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten über die gesamte Wertschöpfungskette (Auftraggeber, Fachplaner, Bau-Arbeitsgemeinschaft, Betriebs- und Erhaltungsgesellschaft, Nachunternehmer, Softwareentwickler und -anbieter) konnten dringend erforderliche Entwicklungen für die digitale Transformation im Verkehrswegebau erfolgreich umgesetzt und implementiert werden. Die vertraglich bindenden BIM-Anwendungsfälle (Abb. 3.1.6-1) werden über den Lebenszyklus umgesetzt: Erstellung der Grundlagendokumente Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) und BIM-Abwicklungsplan (BAP), Erstellung und Fortschreibung der Fachmodelle, 2D-Planableitung aus den BIM-Modellen, BIM-Koordination, Visualisierungen, Bereitstellung der Lieferobjekte gemäß DIN ISO EN 19650, Verlinkung der Dokumente etc., 4D-Bauablaufvisualisierung und 4D-Soll-Ist-Vergleich. Während der Erhaltungsphase werden gemäß Projektvertrag zwei BIM-Anwendungsfälle durchgeführt: Die Visualisierung der Erhaltungsmaßnahmen und der Zustandswerte gemäß ZTV Funktion StB A10/A24. Für den offenen Modellaustausch im Projekt wird die Industry Foundation Classes (IFC) als plattformunabhängiges Austausch-/Koordinationsformat im Verkehrswegebau eingesetzt. Hierbei ermöglichte die genutzte Version IFC 4.0 zwar bereits prinzipiell eine systemoffene Zusammenarbeit, allerdings nur unter Berücksichtigung von Einschränkungen und Workarounds bei der BIM-Koordination. Bspw. mussten aufgrund des ungenügenden IFC-Exports in einigen Autorenprogrammen Merkmale in der Koordinationssoftware bereinigt oder sogar komplett angelegt werden. Zu Beginn des Projekts wurde hierbei ersatzweise CPIXML als offenes

Datenformat anstelle von IFC gewählt. Dreh- und Angelpunkt spielt während den verschiedenen Projektphasen die gemeinsame Datenplattform (engl. Common Data Environment – „CDE“).

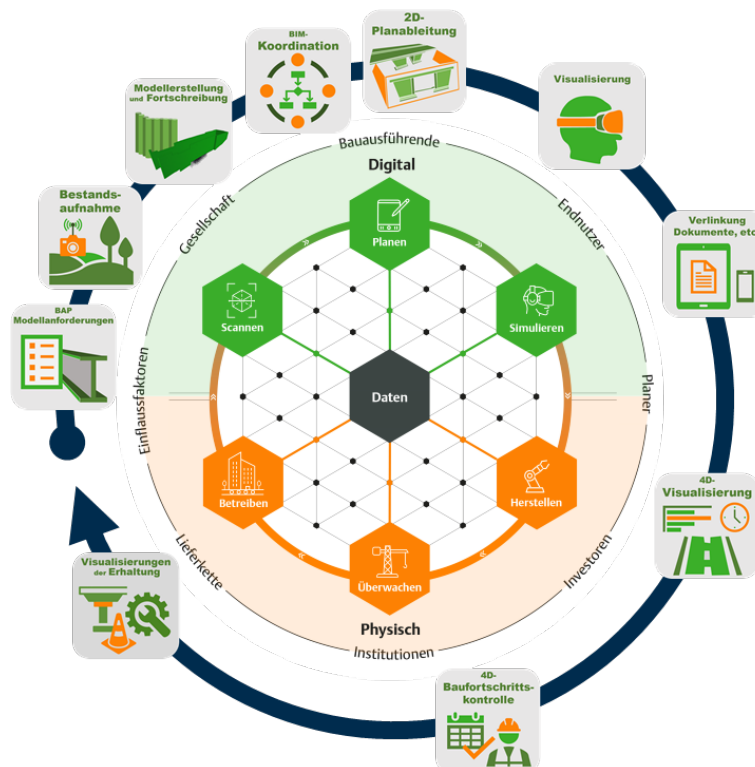


Abb. 3.1.6-1: BIM-Anwendungsfälle im Projekt „Verfügbarkeitsmodell A 10/A 24“  
(Quelle: Wayss & Freytag Ingenieurbau AG).

Auf dieser stellen die Fachplaner die Lieferobjekte im IFC-Format (Fach- und Teilmodelle) gemäß der Informationsbereitstellung der DIN ISO 19650 einschließlich Qualitätssicherungsbericht zur Verfügung. In der Koordinationssoftware werden die einzelnen Teilmodelle zu einem Gesamtmodell gefördert und geprüft. Die Modellkoordination und -qualitätskontrolle ist ein zentraler Bestandteil der BIM-basierten Arbeitsweise. Hierbei ist es unabdingbar, Standards für den Koordinations- und Prüfprozess zu definieren. Gemäß dem projektspezifischen BIM-Abwicklungsplan ist der Einsatz des BIM Collaboration Format (BCF)-Austauschformats entlang eines klar strukturierten Koordinationsworkflows mit Qualitätssicherungsberichten zur formalen und fachlich-technischen Modellprüfung vorgeschrieben. Die bei der Planungsbesprechung somit identifizierten Ansichtspunkte, kritischen Punkte etc. werden prozessgesteuert an die verantwortlichen Projektbeteiligten geleitet und abgearbeitet.

### Erfahrungen

Der Einsatz von BIM als zentrale Informations- und Kooperationsplattform während der Entwurfs-, Planungs- und Erhaltungsphase bringt viele Vorteile mit sich. Durch die Anwendung der BIM-Methodik im Projekt wird bspw. die Anzahl unterschiedlicher Informationsquellen reduziert im Sinne des Prinzips einer „einzigen Quelle der Wahrheit“. Alle Informationen und Planunterlagen für den BIM-Abschnitt werden aus dem BIM-Modell (bzw. BIM-Modellen) abgeleitet. Im Projekt werden die BIM-Modelle mehrerer technischen Disziplinen (Streckenbau, Ingenieurbauwerke, Betriebstechnik etc.) im herstellernerneutralen Datenformat IFC auf Basis der CDE zusammengeführt. Hierdurch sind die Auswirkungen jeder Modifikation in jeder Disziplin unmittelbar auch für die anderen Disziplinen sichtbar. Durch diese Arbeitsweise verbessert sich die interdisziplinäre Zusammenarbeit, während

sich die Zahl der Fehler und Widersprüche in der Planungs- und Bauphase verringert. Bei der Umsetzung der projektspezifischen BIM-Anwendungsfälle konnte neben dem hauptsächlichen Ziel der Vermeidung von redundanten Informationen ebenfalls das operative Tagesgeschäft dahingehend unterstützt und optimiert werden, dass sich bspw. Engpässe oder Abstimmungsfehler im Bauablauf durch die modellbasierte Bauablaufplanung früher und klarer aufzeigen lassen. Auf Störungen im Bauablauf kann unverzüglich reagiert werden. Es wurde bspw. eine Benutzeroberfläche entwickelt, um die internen Bautagesberichte des operativen Baustellenpersonals direkt im BIM-Modell aufzunehmen. Die vom Baustellenpersonal erfassten tatsächlichen Mengen und Termine können im gleichen Zuge vom Controlling und vom Bauzeitenplaner ausgewertet werden. Dies ermöglicht eine messbare Steigerung der Prozesseffizienz sowie der Wirtschaftlichkeit des Ressourceneinsatzes und der Qualität im operativen Tagesgeschäft durch Vermeidung redundanter Datenerfassung und -speicherung. Die Informationsweitergabe über die gesamte Wertschöpfungskette bis hin in die Erhaltung (Tschickardt & Knappe 2021) liefert nachhaltig einen der größten Mehrwerte im Projekt.

Es kann festgehalten werden, dass eine große Herausforderung darin bestand, den elementaren Bestandteil zur effizienten BIM-Nutzung von Projektbeginn an, der insbesondere in der Kooperation zwischen dem Auftraggeber, den Ausführenden, den Fachplanern, den Betreibern sowie den Softwareanbietern besteht, zu etablieren. Auf Grundlage dieser Kollaborationen sowie unter Einbindung weiterer zukünftiger Anwender konnten die projektspezifischen BIM-Ziele und -Anwendungsfälle transparent und erfolgreich ausgestaltet und im BIM-Abwicklungsplan BAP (Tschickardt & Krause 2019) dokumentiert werden. Nur so können ein konkreter Nutzwert im Projektkontext sowie eine Akzeptanz beim Projektteam gewährleistet werden. Das Projekt ist mit seiner ganzheitlichen, lebenszyklusübergreifenden und systemoffenen Digitalisierungsstrategie bislang einzigartig in Deutschland. Der integrierte BIM-Ansatz bis in die operativen Prozesse bietet viele messbare Vorteile für alle Projektbeteiligten, wie bspw. kooperativere Zusammenarbeit, Reduzierung von Projektrisiken, kürzere Durchlaufzeiten, gesteigerte Produktivität und einen insgesamt nachhaltigeren Ressourceneinsatz.

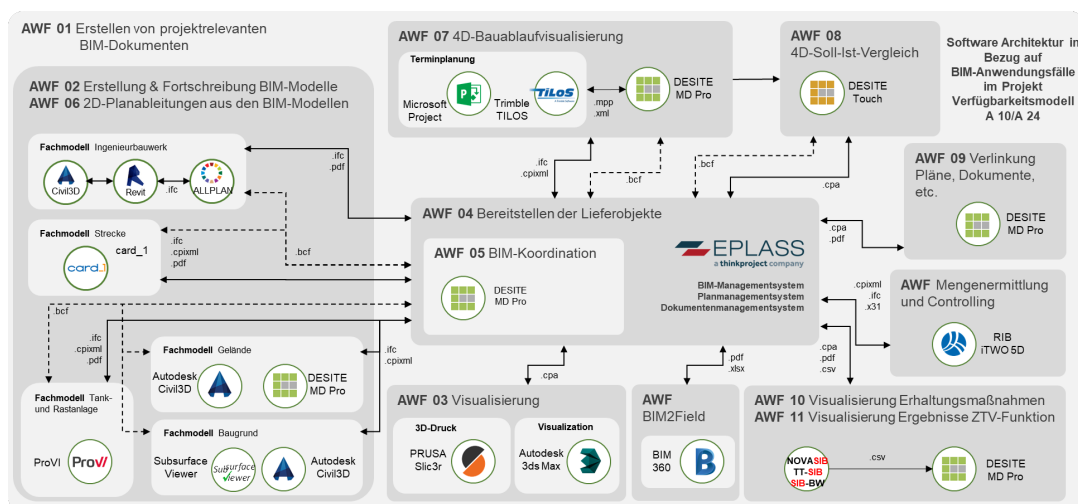


Abb. 3.1.6-2: Software Architektur im Projekt „Verfügbarkeitsmodell A 10/A 24“.

## Literatur

- Tschickardt, T.; Krause, D. (2019): BIM im Verkehrswegebau am Beispielprojekt „Verfügbarkeitsmodell A 10/A 24“. In: Bautechnik, 96 (3), S. 259-268. DOI: 10.1002/bate.201800104.
- Tschickardt, T.; Knappe, A.-S. (2021): Modellbasiertes Erhaltungsmanagement im Verkehrswegebau am Beispiel des Pilotprojekts „Verfügbarkeitsmodell A 10/A 24“. Fachkongress Digitale Transformation im Lebenszyklus der Verkehrsinfrastruktur. Tübingen: expert.

### 3.1.7 Geodätischer Raumbezug der Eisenbahn-Infrastruktur

*Beitrag von Michael Reifenhäuser und Thomas Wunderlich*

Die geocodierten Volumenmodelle der BIM-Methodik für bestehende und/oder geplante Anlagen werden mit zwei Kernanforderungen verbunden: Positionsgenauigkeit in einem geodätischen Bezugssystem und Maßstabstreue. Für die Eisenbahn-Infrastruktur der DB Netz AG mit einem Streckennetz von über 30.000 km und einer geographischen Ausdehnung von über 600 km x 800 km ergeben sich daraus besondere Anforderungen.

#### **Geodätisches Bezugssystem**

Positionstreue gewährleistet beim Zusammenfügen verschiedener BIM-Modelle deren korrekte räumliche Lage zueinander, beispielsweise die Position einer Brücke oder eines Bahnsteiges in Bezug zum Gleis. Grundlage dafür ist ein homogenes geodätisches Bezugssystem mit örtlicher Realisierung. Maßstabstreue gewährleistet die Entnahme von Abmessungen für die Fertigung von Bauteilen und für die örtliche Umsetzung.

Das geodätische Bezugssystem der DB Netz AG ist das DB\_REFerenznetz (DB\_REF) basiert auf dem ETRS89. Die physikalische Realisierung des DB\_REF ist durch 3D-Festpunkte (DB\_REF-Geodätischer Grundnetzpunkte, DB\_REF-GGP) gegeben, die im Abstand von rund 4 km entlang aller DB-Strecken errichtet wurden.

Die Projektion der Lage erfolgt auch weiterhin mittels einer Gauß-Krüger-Abbildung. Die Abbildungsverzerrungen bewegen sich dabei in Größenordnungen, die bei der Realisierung technischer Baugruppen der Eisenbahninfrastruktur (z. B. Weichen, Kreuzungen, Gleisverbindungen) in der Regel vernachlässigbar sind.

Die Normalhöhen werden seit dem 01.12.2016 unter Verwendung des Quasigeoidmodells GCG2016 berechnet, vor 2016 unter Verwendung des Quasigeoidmodells EGG97.

#### **Geodätische Bestandsaufnahme**

Die Bestandsmodelle der Eisenbahninfrastruktur werden aus einer geodätischen Bestandsaufnahme im DB\_REF gewonnen. Dabei wird auch die Umgebung der Anlagen im jeweils relevanten Bereich miterfasst. Zu Einsatz kommen insbesondere ALS (Airborne-Laserscanning), TLS (Terrestriertes Laserscanning) und tachymetrische Aufnahmen.

Für die geodätische Aufnahme sind die Genauigkeitsanforderungen, bezogen auf die einzelnen Messobjekte, zu definieren. Für die Elemente der Fahrbahn sind diese Vorgaben in der DB-Richtlinie 883 „Gleis- und Bauvermessung“ festgelegt.

Weiterhin ist der Detaillierungsgrad anzugeben, mit dem die Objekte zu modellieren sind. Abhängig vom Verwendungszweck ist dieser unterschiedlich. Bauteile, deren Rückbau erfolgen soll, können stärker generalisiert erfasst und modelliert werden als beispielsweise die Widerlager einer Brücke, auf denen ein neuer Überbau geplant wird.

In der Realisierungsphase ist eine Fortschreibung des 3D-Bestandsmodells durch baubegleitende geodätische Bestandsaufnahmen angezeigt, um so durch Vergleich der Planung mit dem tatsächlichen Bestand die Qualität der bis zu diesem Zeitpunkt erfolgten Realisierung bewerten zu können (Kontrollvermessungen). Nachfolgende Bauphasen können so sukzessive auf den realen Bestandsfortschritt bezogen werden.

### Raumbezug für BIM

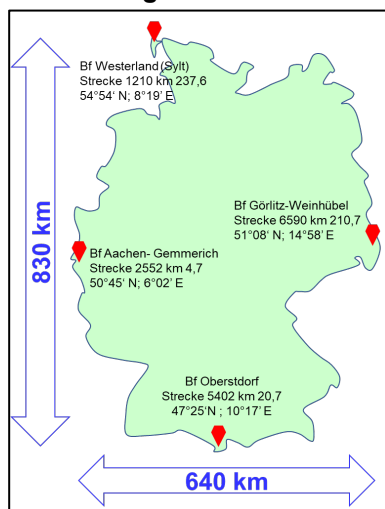


Abb. 3.1.17-1: Geographische Ausdehnung.

Für kleinräumige Einzelmaßnahmen, z. B. eine Brücke oder einen Haltepunkt, wäre die Modellierung in einem lokalen, kartesischen Bezugssystem möglich. Für die Abbildung der Eisenbahn-Infrastruktur mit einem Streckennetz von rund 33.000 km Länge, einer West-Ost-Ausdehnung von über 600 km und einer Nord-Süd-Ausdehnung von über 800 km (Abb. 3.1.17-1) ist ein einheitlicher Ansatz erforderlich, der die homogene und maßstabstreue Integration aller BIM-Modelle sicherstellt.

Die DB Netz AG hat mit Wirkung ab 1. Mai 2019 festgelegt, die geozentrischen, kartesischen Koordinaten im ETRS89 als geodätisches Bezugssystem für BIM-Modelle anzuwenden. Damit lassen sich alle BIM-Modelle der DB Netz AG positions- und maßstabstreu in ein Gesamtmodell integrieren. Geodaten anderer Stellen können nach Transformation in das ETRS89 ebenfalls in das BIM-Modell der DB-Infrastruktur integriert werden.

### Trassierungen

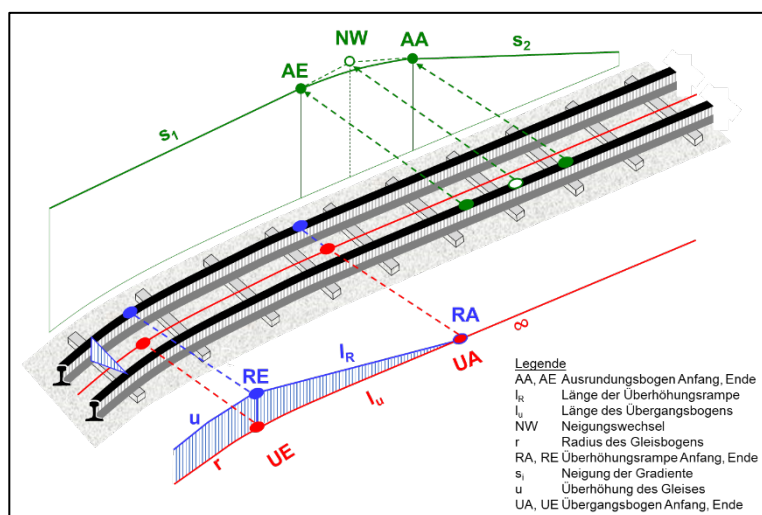


Abb. 3.1.17-2: Abbildung der Eisenbahntrasse.

Trassierungen der Fahrbahn werden weiterhin in den Abbildungssystemen der Lage und Höhe durchgeführt (Abb.3.1.17-2).

Trassierungselemente der Lage sind Geraden und Kreisbögen sowie Übergangsbögen mit unterschiedlichen Krümmungslinien. Trassierungselemente der Höhe (Gradienten) sind Neigungswechsel, Geraden zwischen den Neigungswechseln sowie Ausrundungen der Neigungswechsel bei Neigungsänderungen  $> 1\text{‰}$ . Die Überhö-

hung  $u$  der Gleise und Weichen wird durch Abschnitte gleichbleibender Überhöhung ( $u = 0$  in der Geraden,  $u = \text{const.}$  im Gleisbogen) sowie Rampen mit unterschiedlichen Krümmungslinien zur Überführung einer Überhöhung in eine andere beschrieben. Weichen werden mit ihren Hauptpunkten (Weichenanfang, Weichenende in Stamm- und Zweiggelais) und geometrischen Eigenschaften (z. B. Grundformradius und -neigung) trassiert.

Die Beibehaltung der Trassierung in den Abbildungssystemen ist auch weiterhin erforderlich, da die Regel- und Grenzwerte der Trassierungsparameter (z. B. maximale Rampenneigung, Mindestüberhöhung), die unter anderem in Normen (EN, DIN) und der Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung (EBO) vorgegeben sind, ebenfalls in den Abbildungsebenen definiert sind.

Zur Überführung in BIM-Modelle können aus den abbildungsbezogenen Trassierungen Raumkurven abgeleitet werden. Alternativ können die Achshauptpunkte aller geometrischen Trassierungselemente sowie die Weichenhauptpunkte in das ETRS89 transformiert und in das BIM-Modell integriert



werden. Zwischen den Achshauptpunkten wird der Trassierungsverlauf dann durch Punkte repräsentiert, die zunächst in den Abbildungen kurzabständig entlang der Trasse berechnet (R, H, NHN, u) und dann in das ETRS89 (X, Y, Z, u) transformiert werden. Mit Zwangspunkten der Trassierung (z. B. Bahnsteigkanten) wird gleichermaßen verfahren.

Für die Planungen im BIM-Modell ist es erforderlich, die Lotrichtung zu kennen. Dazu können die Lotabweichungen berücksichtigt werden. Praktisch kann das Planungsgebiet in der Abbildung mit einem virtuellen Polygonzug (mindestens drei Punkte und  $\geq 1$  Kontrollpunkt) umschlossen werden, dessen Punkte alle die gleiche Normalhöhe auf dem genäherten Höhenniveau der Planung (z. B. der Schienenoberkante) haben. Nach Transformation in das ETRS89 repräsentieren diese Punkte mit hinreichender Genauigkeit eine physikalische Horizontalfläche für kleinräumige Maßnahmen.

Die Lageabbildung des DB\_REF erfolgt auf einem Bessel-Ellipsoid mit Gauß-Krüger-Abbildung. Das geodätische Datum des DB\_REF wurde 2003 bestanpassend an die amtliche Landesvermessung über eine 7-Parameter-Transformation bestimmt. Die Transformationsparameter sind in Tabelle 3.1.17-1 angegeben.

Translation	Rotation	Translation	Rotation
dX = -584,9567 m	rX = +1,1155257601“	dX = +584,9636	rX = -1,1155214628“
dY = -107,7277 m	rY = +0,2824170155“	dY = +107,7175	rY = -0,2824339890“
dZ = -413,8036 m	rZ = -3,1384505907“	dZ = +413,8067	rZ = +3,1384490633“
Maßstab	-7,992171 ppm	Maßstab	+7,992235
<b>Datumsübergang von ETRS89 nach DB_REF</b>		<b>Datumsübergang von DB_REF nach ETRS89</b>	

Tab. 3.1.17-1: Transformationsparameter ETRS89  $\leftrightarrow$  DB\_REF

Als Höhenbezugsystem wurden Normalhöhen des amtlichen DHHN92 auf dem GRS80-Ellipsoid definiert und für die Verwendung von satellitengestützten Messverfahren ein angepasstes EGG97-Geoidmodell berechnet, welches in der Transformationssoftware GNTrans (Geo++, Garbsen, Germany) integriert war (DB\_REF2003/EGG97<sub>DB\_REF</sub>). Zum 01.12.2016 wurde der Höhenbezug auf das GCG2016-Geoid umgestellt (DB\_REF2016/GCG2016).

### Resümee

Die Festlegung der geozentrischen, kartesischen Koordinaten des ETRS89 als Koordinatenbezugs-system ermöglicht eine positions- und maßstabstreue Integration aller BIM-Modelle der Eisenbahninfrastruktur. Prinzipiell entspricht das Vorgehen den lokalen, kartesischen Modellen mit dem einzigen Unterschied, dass Ursprung, Maßstab und Orientierung der Koordinatenachsen dem ETRS89 gleichgestellt werden. Mit dem DB\_REFferenznetz ist das homogene geodätische Festpunktfeld für den Übergang zwischen Modell und Örtlichkeit gegeben.

### Literatur

- DB-Richtlinien 883 (2021): Gleis- und Bauvermessung.
- DB-Richtlinie 883.2500 (2019): Geodätisches Bezugssystem für BIM; Grundsätze und Anwendung.
- Heunecke, O. (2018): Nachbarschaftstreue Anpassung mittels bilinearer Filterung. In: zfv, 143 (3), S. 182-184.
- Wübena, G.; Bachmann, M.; Schmitz, M. (2004): Koordinatentransformation: Modellbildung und Eigenschaften. In: EI-Eisenbahningenieur, 2 (55), S. 30-33.
- Wunderlich, T. (2020): Misalignment – can 3D BIM Overrule Professional Setting-out According to Plane and Height? In: Proceedings of INGENEO & SIG 2020 Confs. on Engineering Geodesy, Dubrovnik, Croatia.

### 3.1.8 Scan2BIM – Erfahrungsbericht zur Modellierung mit Revit und Allplan

*Beitrag von Robert Kaden*

#### **Problemstellung/Ziel**

Building Information Modeling (BIM) ist eine Arbeitsmethode, die im Rahmen der Digitalisierung der Baubranche immer öfter auch für den Bestand gefordert und angewandt wird. Doch inwieweit eignen sich die derzeit zur Verfügung stehende BIM-Autorensoftware für die Modellierung von Bestandsgebäuden? Gibt es Unterschiede bei der Modellierung zum einen von Gebäuden mit regelmäßigen, rechteckigen und gradlinigen Strukturen und zum anderen von Gebäude mit unregelmäßigen, komplexen und krummlinigen Geometrien? Zu diesem Zweck wurden zunächst mithilfe eines 3D-Laserscanners (Leica BLK 360) eine moderne Stadtvilla im Bauhausstil sowie das Refektorium des mittelalterlichen Predigerklosters Erfurt erfasst und anschließend mit den BIM-Autorensoftware Allplan in Kombination mit dem Plug-in Scalypso und Autodesk Revit in Kombination mit der Erweiterung As-Built von Faro modelliert.

Während bei den herkömmlichen Methoden der Modellierung in CAD die geometrische Repräsentation der Begrenzungs- bzw. Randflächen von Objekten im Vordergrund steht, werden in BIM die Bauteile einschließlich ihrer Eigenschaften in Form von regelmäßigen parametrisierten Volumenelementen modelliert (Kaden et al. 2020). Das bedeutet, dass standardmäßig z. B. Wände idealisiert senkrecht stehen, die Außenflächen einer Wand parallel verlaufen, dass Bodenplatten und Decken horizontal platziert sind und sämtliche vordefinierte Bauteile genormten Standardmaßen entsprechen. Diese Art der Modellierung ist im Rahmen des Entwurfs und der Planung von Neubauten unproblematisch bzw. förderlich. Bei der Erfassung des Bestands mit geodätischen Verfahren, welche vornehmlich die beobachtbaren Oberflächen eines Bauwerks erfassen, führt die Methode jedoch zu Herausforderungen bei der Interpretation der Baukonstruktion und -materialien, bei der geometrischen Generalisierung unregelmäßiger Strukturen und bei der häufigen Erstellung individueller, generischer Bauteiltypen und -exemplare.

#### **Lösungsweg**

Die Gebäude zur Untersuchung der Eignung der aktuellen BIM-Autorensoftware zur Modellierung von Bestandsgebäuden sind entsprechend unterschiedlich. Zum einen wurde ein Wohngebäude in Form einer Stadtvilla im Bauhausstil mit einer überwiegend regelmäßigen und rechteckigen Baukonstruktion und zum anderen ein unregelmäßiger und krummliniger gotischer Klosterbau gewählt.



Abb. 3.1.8-1: Links: Stadtvilla im Bauhausstil mit regelmäßiger und rechteckiger Baukonstruktion. Rechts: Gotischer Klosterbau mit unregelmäßigen und krummlinigen Konstruktionsmerkmalen.

Zur Erfassung der komplexen Geometrien wurde die Methode des 3D-Laserscannings gewählt, da diese sowohl bei einfachen als auch bei aufwendigen Raumstrukturen eine hohe Genauigkeit und Informationsdichte im Vergleich zum Handaufmaß oder Tachymetermessung liefert. Des Weiteren ist das Laserscanning im Gegensatz zur Photogrammetrie unabhängiger von äußeren Einflüssen wie Gegenlicht oder reflektierenden Oberflächen und kann somit jederzeit angewandt werden. Unter Berücksichtigung der Anforderungen bietet das Laserscanning die beste Lösung für die Bestandserfassung komplexer Raumstrukturen und gekrümmter Flächen und wurde deswegen im weiteren Verlauf der Arbeit für die Erfassung der Beispielobjekte genutzt.

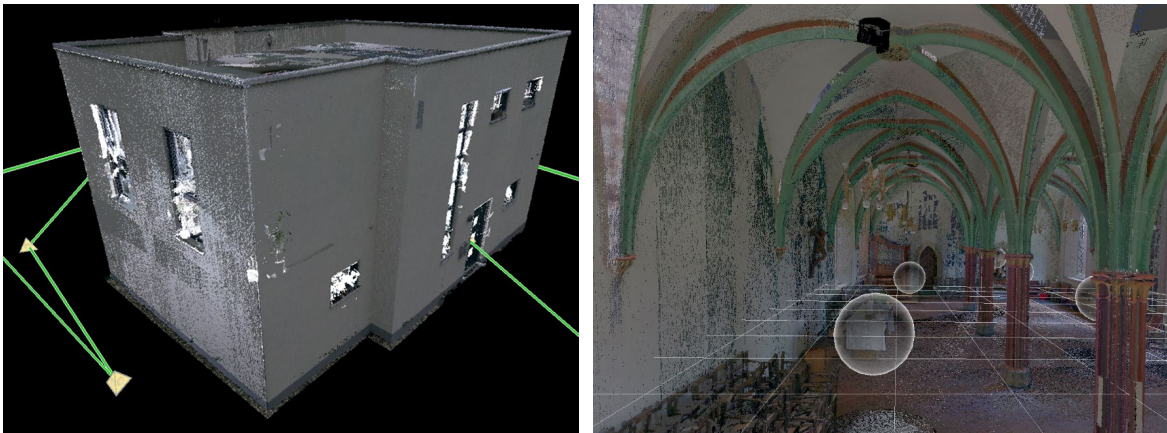


Abb. 3.1.8-2: Links: Punktwolke der Stadtvilla visualisiert in Leica Cyclone Register 360. Rechts: Punktwolke des gotischen Klosterbaus visualisiert in Autodesk ReCap.

### BIM-konforme Modellierung der Testgebäude

Zur BIM-konformen Modellierung der beiden Testgebäude auf der Grundlage einer Punktwolke wurden zwei BIM-fähige Autorensoftware herangezogen und verglichen.

Allplan ist ursprünglich eine CAD-Software der Nemetschek Group und wurde in den letzten Jahren stetig weiterentwickelt bis hin zu einer BIM-fähigen bauteilorientierten Software (Allplan Deutschland GmbH 2020). Allplan bietet zunächst keine native Möglichkeit, eine Punktwolke in ein Projekt zu importieren und direkt in dieser zu arbeiten. Jedoch erlaubt das Plug-in Scalypso die Analyse und Rekonstruktion terrestrischer und mobiler 3D-Laserscandaten in Allplan.

Revit (Autodesk GmbH München 2020) bietet im Gegensatz zu Allplan die Möglichkeit, eine Punktwolke direkt in ein Projekt zu laden und in dieser zu arbeiten. Allerdings ist ein 3D-Punktfang direkt in der Punktwolke in Revit nicht möglich. Des Weiteren kann die Punktwolke nicht im Familien-Editor zur Erstellung prototypischer Bauteile verarbeitet werden. Das Plug-in As-Built der Firma Faro ist eine Add-on-Anwendung, welche die Funktionen von Revit zur Punktwolkenverarbeitung erheblich erweitert. As-Built stellt Konstruktionshilfen sowie Werkzeuge zur Erstellung und Anpassung von Komponenten zur Verfügung. Zum einen kann dabei direkt in der in Revit eingelesenen Punktwolke gearbeitet werden, z. B. durch Funktionen wie das Einpassen von Wänden an die Punktwolke oder das automatische Erkennen von standardisierten Stahlprofilen. Zum anderen können mit As-Built Punktwolkenbereiche in den Familien-Editor eingefügt und durch exaktes Fangen von Punkten prototypische Bauteile, sogenannte Familien, erzeugt werden.

Ziel des Projekts war es, auf Basis der Punktwolken jeweils ein BIM-Modell mit einem geometrischen Detaillierungsgrad LOG 300 und einem alphanummerischen Reifegrad LOI 200 zu erstellen. Die technische Gebäudeausstattung (TGA) sowie spezielle Statik wurde im Projekt nicht berücksichtigt.

Bei der Modellierung der Stadtvilla im Bauhausstil konnte in beiden BIM-Autorensoftware nahezu ausschließlich auf vordefinierte Bauteile zurückgegriffen werden. Es konnten zunächst sämtliche Bauteile des Rohbaus, wie Wände, Attika, Decken, Bodenplatte sowie der Fußbodenaufbau, durch das Anpassen der Typen und Exemplare erstellt werden. Die Elemente Tür, Fenster und Fensterrahmen einschließlich Rollladenkasten und Rollladenschiene wurden teilweise mithilfe der Punktwolke im Familien-Editor individuell modelliert. In beiden BIM-Autorensoftware bzw. Plug-ins stehen entsprechende Tools zur semiautomatischen Modellierung anhand der Punktwolkengeometrie zur Verfügung. Ein wesentlicher Unterschied bestand jedoch darin, dass im Gegensatz zu Allplan/Scalypso, in Revit/As-Built beispielsweise die Wandstärke automatisch durch die Angabe von Punkten auf beiden Bauteilseiten ermittelt werden kann. Diese Funktion ist in der Praxis jedoch auch nur bedingt anzuwenden, da in BIM-Modellen nicht selten nur standardisierte Rohbaumaße (z. B. Mauerwerk 17,5, 24, 36,5 etc.) modelliert werden und ein Putzabzug angenommen wird.

Die Modellierung des Refektoriums des mittelalterlichen Predigerklosters in Erfurt gestaltete sich erwartungsgemäß wesentlich komplexer und dadurch zeitintensiver. Bis auf Teile der Außenmauern konnten keine vordefinierten Bauteile in den jeweiligen BIM-Autorensoftware Allplan und Revit genutzt werden. Die zur Unterstützung der Modellierung in den jeweiligen Plug-ins Scalypso und As-Built zur Verfügung stehenden Tools konnten aus diesem Grund auch nur bedingt genutzt werden. Ein Großteil der Bauteile konnte lediglich händisch als generische Proxy-Elemente mit individueller Geometrie erzeugt werden. Besonders die Modellierung der Bauteile der Deckenkonstruktion Bündelpfeiler, Rippen und Kappen erwies sich als überaus zeitintensiv. Die Erstellung der Bündelpfeiler erfolgte auf der Basis von Schnitten entsprechend der jeweiligen Querschnitte aus der Punktwolke. Durch die Funktionen Extrusion bzw. Fahrweg-Sweep und Verschmelzen wurden dann die Pfeiler erstellt. Ähnlich wurden die Rippen der Kreuzgewölbe modelliert, wobei hier zunächst die Rippenverläufe als 3D-Linien aus der Punktwolke abgegriffen wurden. Durch Extrusion bzw. Fahrweg-Sweep des Rippenquerschnitts entlang dieser Linie wurden die Rippen erstellt. Die Kappen konnten in den beiden BIM-Autorensoftware nur auf unterschiedliche Weise modelliert werden. In Allplan/Scalypso wurden zunächst die entsprechenden 3D-Punkte der Kappe aus der Punktwolke in ein Digitales Geländemodell (DGM) überführt, welches im Anschluss in einen 3D-Körper umgewandelt wurde. In Revit/As-Built wurden die Kappen idealisiert und über zwei sich durchdringende Tonnenbögen modelliert. Erschwerend kam hinzu, dass ein Großteil der Bauteile wie Rippen und Kappen in jedem Gewölbeteil neu modelliert werden musste und nicht in Form eines Prototyps/einer Familie wiederverwendet werden konnte, da sich diese Elemente zwar zunächst augenscheinlich in der Deckenkonstruktion wiederholten, sich jedoch im Rahmen der angestrebten geometrischen Genauigkeit doch zu stark unterschieden.

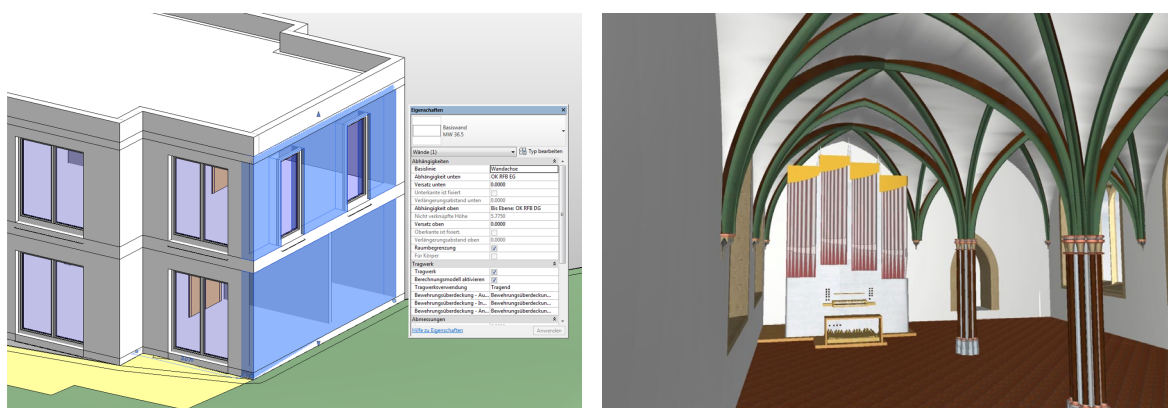


Abb. 3.1.8-3: Links: BIM-Modell der Stadtvilla im Bauhausstil mit selektierter Wand im normierten Rohbaumaß (inkl. Putzabzug), visualisiert in der BIM-Autorensoftware Revit von Autodesk. Rechts: BIM-Modell des gotischen Klosterbaus mit Deckenkonstruktion bestehend aus Bündelpfeiler, Rippen und Kappe, visualisiert in der BIM-Autorensoftware Allplan von Nemetschek.




### Fazit

Die ausführlichen Testungen und Untersuchungen ergaben, dass beide Plug-ins Scalypso und As-Built die jeweiligen BIM-Autorensoftware Allplan und Revit ertüchtigen, Punktwolken zu integrieren und zu interpretieren und BIM-konforme 3D-Gebäudemodelle von Bestandsgebäuden zu erstellen. Jedoch hat die Art der Baukonstruktion und die Bauepoche des zu erstellenden Gebäudes einen wesentlichen Einfluss auf den Modellierungsprozess und somit auf die Wirtschaftlichkeit. Regelmäßige und aus der heutigen Bauepoche stammende Bestandsgebäude wie die hier gezeigte Stadtvilla im Bauhausstil lassen sich unter weitestgehender Verwendung der nach aktuellen, normierten Standardmaßen vordefinierten Bauteile in verhältnismäßig kurzer Zeit (ca. 6 h) in ein bauteilorientiertes BIM-Modell überführen. Im Gegensatz dazu gestaltet sich die Modellierung des unregelmäßigen und krummlinigen Refektoriums einer früheren Bauepoche bislang noch unverhältnismäßig (ca. 8 d) in Bezug auf Kosten und Nutzen. Am aufwendigsten gestaltete sich die Erstellung der Deckenkonstruktion – also die Modellierung gewölbter bzw. gekrümmter Bauteile wie Rippen und Kappen. Dabei bieten beide BIM-Autorensoftware und Plug-ins sowohl Vor- als auch Nachteile, sodass keine pauschale Aussage getroffen wird, welche Lösung für die Modellierung komplexer Strukturen die geeignetere Wahl darstellt. Wünschenswert wären hier Entwicklungen der Softwarehersteller, um die Erstellung von BIM-konformen Gebäudemodellen des Bestands wirtschaftlicher zu gestalten und somit den Mehrwert eines BIM-Modells über den weiteren Lebenszyklus (Sanierung, Umbau, Bewirtschaftung) hinweg auch im Bestand nutzen zu können.

## BIM Services

Vermessung, Datendienstleistungen  
und Modellierung als Grundlagen  
für den BIM-Prozess

### Unsere Leistungen im Überblick

-  Vermessung mit Tachymeter, 3D-Laserscanner und Drohne
-  Aufbereitung und Analyse der Punktwolken und Messungen
-  2D-CAD-Dokumentation (Karten, Pläne, Profile etc.)
-  3D-Modelle in gewünschtem Detail- und Informationsgrad
-  Integration der 3D-Modelle in GIS und Umgebungsmodelle
-  Punktwolken & Panoramabilder für virtuelle Rundgänge



### 3.1.9 Vermessungsarbeiten im Rahmen eines BIM-Projekts für die Deutsche Bahn

*Beitrag von Natalie Schmaus*

#### **Problemstellung/Ziel**

Im Rahmen des Ausbaus der S-Bahn Rhein-Neckar wurde von der DB Station & Service AG unter anderem der Bahnhof Mannheim-Käfertal modernisiert und barrierefrei ausgebaut. Der Auftrag beinhaltete neben der Bauausführung auch die Ausführungsplanung der gesamten Verkehrsanlage auf Basis der Entwurfsplanung zu erstellen. Es hat sich in den letzten Jahren etabliert, diese Planungsleistungen mitauszuschreiben. Die Suche nach geeigneten Ingenieurbüros, die sowohl fachlich, terminlich, als auch preislich in der Lage sind, unsere Anforderungen zu erfüllen, erwies sich als immer schwieriger. Daher haben wir uns entschlossen, die Erstellung der Ausführungsplanung auf Grundlage der Entwurfsplanung selbst in die Hand zu nehmen. Schnell erkannten wir die Vorteile, die dadurch für uns entstehen. Um unsere Kompetenzen in diesem Bereich weiter auszubauen, haben wir uns entschieden, die Ausführungsplanung nicht wie üblich konventionell in 2D zu planen, sondern den Bahnhof Mannheim-Käfertal als Pilotprojekt mit der BIM-Methodik umzusetzen.

Die REIF Bauunternehmung GmbH & Co. KG ist ein mittelständisches Familienunternehmen mit 440 Mitarbeitern an vier Standorten in Baden-Württemberg. REIF ist in umfassenden Bereichen der Baubranche tätig, seit den 1990er-Jahren auch im Bahnbau. Wir können deshalb auf langjährige Erfahrung zurückgreifen und wollen bei der Digitalisierung im Bauwesen mitvorangehen. Um diese Aufgabe zu bewältigen, haben wir in den letzten zwei Jahren ein Start-up-Team, bestehend aus Ingenieuren und Vermessern, Konstrukteuren und BIM Koordinatoren aufgebaut, das es in enger Zusammenarbeit mit der Vermessungsabteilung möglich macht, Projekte in der BIM-Methodik zu planen und zu realisieren.

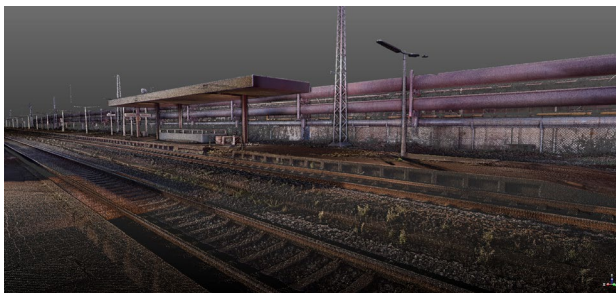


Abb. 3.1.9-2: Punktwolke „Mannheim-Käfertal“.



Abb. 3.1.9-2: Mittelbahnsteig vor dem Umbau.

#### **Bestandsaufnahme**

Auf Grundlage des Festpunktnetzes der Deutschen Bahn wurden neben der klassischen punktuellen Aufnahme mittels Tachymeter auch Aufnahmen mit einem Gleismesswagen und einem Laserscanner durchgeführt. Als Festpunkte dienen die Gleisvermarkungspunkte im DB-REF-System. Nur durch den kombinierten Einsatz der Systeme kann die für den Bahnbau erforderliche Genauigkeit erreicht werden.

Der Gleismesswagen wurde eingesetzt, um die Ist-Gleislage aufzunehmen. Diese ist für den Vergleich zwischen Soll- und Ist-Gleislage notwendig. Geplant wird der Bahnsteig nach der Soll-Gleislage. Die tatsächliche Ist-Gleislage kann aufgrund der Schottbettung von der Soll-Lage abweichen. Es muss daher überprüft werden, ob die vorgegebenen Abstände zwischen Gleis und

Bahnsteig eingehalten werden. Die Aufnahme des Gleises dient zudem zur Berechnung der Absteckwerte für den Einbau der Bahnsteigkante. Der Polier kann anhand dieser Werte auf der Baustelle über den Abstand und die Höhe zum Gleis die Bahnsteigkante setzen. Die Bahnsteigkante des Bestandsbahnsteigs wurden über Einzelpunkte mit dem Tachymeter erfasst. Diese Punkte bilden die exakte Lage der Kante ab und werden als Ergänzung zum Laserscan für die Bestandsmodellierung genutzt. Anhand dieses Bestandsmodells konnten einige Abbruch-Positionen, wie zum Beispiel Beleuchtungsmasten, Bahnsteigkanten oder Schächte, modellbasiert abgerechnet werden.

Zur flächenhaften Erfassung der gesamten Verkehrsstation wurde ein Trimble X7 Laserscanner verwendet. Der Scanner ist flexibel einsetzbar, insbesondere in schwer zugänglichen Bereichen. Ausstattungsgegenstände können vollständig erfasst werden, ohne Abschattungen in Kauf nehmen zu müssen. Die einzelnen Standpunkte werden per Cloud-to-Cloud-Verknüpfung miteinander zu einer großen Gesamtpunktwolke verbunden. Die Punktwolke wird direkt im Feld mithilfe des eingebauten Laserpointers georeferenziert. Die markierten Passpunkte, die zur Georeferenzierung dienen, wurden vorab tachymetrisch mittels freier Stationierung bestimmt. Das Ergebnis ist eine registrierte und georeferenzierte Punktwolke, die aus der Feldsoftware exportiert und im Büro weiterverarbeitet wird.

Die Bearbeitung der Punktwolke erfolgt mit der Softwareanwendung Trimble Realworks. Die Cloud-to-Cloud Verbindungen können damit überprüft und bei Bedarf angepasst werden. Es ist zudem möglich die Punktwolke automatisiert in einzelne Bereiche wie Gelände, Gebäude, hohe Vegetation zu klassifizieren. Die Bereinigung der Punktwolke wird dadurch erheblich vereinfacht. Die Überarbeitung der Punktwolke beschränkt sich auf die wenigen Bereiche, die nicht automatisch klassifiziert wurden und das Entfernen störender Elemente. Nachdem die Punktwolke bereinigt ist, wird sie ausgedünnt und kann zur Modellierung übergeben werden.

Die Punktwolke steht allen Projektbeteiligten über den Scan Explorer als Stand-alone-Datei zur Verfügung. Mit diesem Tool können sich die Projektbeteiligten standpunktweise in der Punktwolke umschauen und zum Beispiel für Abrechnungen Maße oder Flächen aus der Punktwolke abgreifen, ohne dass dafür ein spezielles Programm installiert werden muss.

### **Modellierung**

Der Grundkörper des Bahnsteigs wird mit dem Programm ProVI teilautomatisiert erstellt. Auf Basis der Trassendaten werden die Bahnsteige mithilfe der DB-Bauteilbibliothek durch Angabe der Kilometrierung entsprechend den Richtlinien teilautomatisiert erstellt. Unter Berücksichtigung der Neigungen und Breitenversätze lassen sich die Bahnsteigkanten mit ihren Fundamenten, Entwässerungen und Blindenleitstreifen setzen. Die weitere Modellierung und Detailplanung erfolgt dann in Revit. Da Revit allerdings nicht mit geodätischen Koordinatensystemen arbeiten kann, musste der Projektbasispunkt schon vor dem Export aus ProVi nahe an das Projekt verschoben werden. Um trotzdem die geodätischen Koordinaten angezeigt zu bekommen, wird der Vermessungspunkt auf 0,0,0 belassen.

Mit den von der Deutschen Bahn zur Verfügung gestellten Bauteilen lässt sich das Modell auf den für die Ausführungsplanung notwendigen Detaillierungsgrad bringen. In diesem Arbeitsschritt kommt auch die aufgenommene Punktwolke zum Einsatz. Die Punktwolke und die einzeln tachymetrisch erfassten Punkte werden in das Modell importiert und ermöglichen es, Höhen und Maße abzugreifen sowie Engstellen zu überprüfen, um den Neubau besser auf den Bestand anzupassen.

Auf dem Hausbahnsteig des Bahnhofs Mannheim-Käfertal konnte der Aufzug nicht wie geplant gebaut werden, da ein unterirdischer Bunker durch seine zu dicken Wände nicht genügend Platz bis

zum Bahnsteig ließ. Die neue Lage des Aufzugschachts wurde vorab im Modell mit allen Projektbeteiligten bestimmt.

Um die für ein As-built-Modell notwendigen Informationen zu erfassen, wurde nach Fertigstellung der Baumaßnahme ein weiterer Laserscan durchgeführt. Durch einen Abgleich mit der Punktwolke ließ sich damit das Ausführungsmodell in ein As-built-Modell überführen. Beispielsweise wurden die Ausstattungsgegenstände an der Stelle positioniert, an der sie auch in der Realität stehen.

Zur Kontrolle der Oberflächen wurde in Realworks eine As-built-Kontrolle durchgeführt. Hierfür wird das Ausführungsmodell importiert und die Abweichungen der Punktwolke im Vergleich zum Modell berechnet. Die Punktwolke wird entsprechend einer ausgewählten Skala eingefärbt, um einen Überblick zu erhalten.

Zur Visualisierung und zur Bauablaufsimulation kam die Softwareanwendung Desite zum Einsatz. Die Bauteile werden dafür mit den Vorgängen aus dem Bauzeitenplan verknüpft. Durch diese Verknüpfung wird aus dem 3D-Bauwerksmodell ein 4D-Modell. Über Abhängigkeiten zwischen den Vorgängen werden Verschiebungen einzelner Vorgänge auch bei den nachfolgenden Vorgängen berücksichtigt.

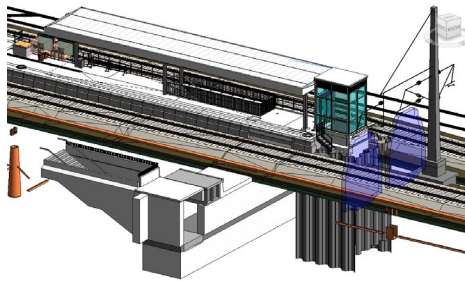


Abb. 3.1.9-3: Revit-Modell.



Abb. 3.1.9-4: Mittelbahnsteig nach dem Umbau.

## Erfahrungen

Das Erfassen einer Punktwolke bietet eine sehr gute Voraussetzung zur Modellierung. Im gesamten Prozess konnte immer wieder auf die erfassten Daten zurückgegriffen werden, da auch alles fotografisch und in Panoramen festgehalten wurde.

Durch die Aufnahme mithilfe eines Laserscanners wird die gesamte Situation erfasst. Jedes Maß und jede Höhe, die für die Planung relevant werden könnten, sind enthalten und können zu einem späteren Zeitpunkt abgegriffen werden. Es ist daher nicht notwendig, mehrfach vor Ort Einzelpunkte aufzunehmen, falls relevante Daten bei erster Erfassung nicht bedacht wurden. Außerdem dient die Aufnahme als umfassende Beweissicherung.

Mithilfe einer detaillierten Bestandsaufnahme von Leitungen und Schächten wurde vorab eine Kollisionsprüfung durchgeführt. Dadurch wurde frühzeitig erkannt, dass ein Schacht versetzt werden musste, da eine Rohrleitung querte. So konnte das Problem frühzeitig in Ruhe geklärt werden, ohne, dass es im Bauablauf zu Störungen kommt.

Das Bauwerksmodell wird allen Projektbeteiligten über die Projektplattform BIM360 bereitgestellt. Dadurch wird das Arbeiten mit dem Modell auf der Baustelle ermöglicht und alle benötigten Informationen können direkt aus dem aktuellen Modell abgerufen werden.

In zukünftigen Projekten wollen wir das Modell mithilfe von Augmented Reality direkt in die Realität auf die Baustelle projizieren. Dies ermöglicht, unmittelbar vor Ort einen sehr guten Eindruck der geplanten Baumaßnahme zu erhalten und Engstellen oder Kollisionspunkte zu finden.



### 3.1.10 Digitale Zwillinge & GeoBIM bei der historischen Berliner Siemensbahn

*Beitrag von Janis Müller, Fabian Götzl und Sebastian Conz*

#### **Problemstellung/Ziel**

Die Hochbahnstrecke der Siemensbahn im Nord-Westen Berlins wurde von Siemens & Halske als S-Bahn-Strecke gebaut, ist knapp 100 Jahre alt und seit 1980 stillgelegt. Der Streckenabschnitt soll im Zuge des Projekts „i2030“ im Jahr 2029 zum 100. Geburtstag der Siemensbahn wieder in Betrieb gehen. Daher sind Sanierungsmaßnahmen und ein barrierefreier Ausbau der Bahninfrastruktur nötig. Die Planung gestaltet sich als anspruchsvoll, da der zentrale Streckenabschnitt mit einer Länge von 4,5 km unter Denkmalschutz steht.

Im Auftrag der von der Deutschen Bahn beauftragten Ingenieurgemeinschaft Siemensbahn, bestehend aus der KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH und der Sweco GmbH, vermisst ARC-GREENLAB das markante historische Stahlviadukt rund um den Haltepunkt Wernerwerk auf einer Länge von 800m. Auf Basis der Vermessungsdaten entstehen hochdetaillierte 3D-Bestandsmodelle (LOD 400) nach der BIM-Methodik. Dafür müssen die Modelle einzelne detaillierte Bauteile enthalten, die für die Werk- und Montageplanung, zur Fertigung sowie zur Ableitung von Kennwerten ausreichen. Aus dem Informationsgehalt der präzisen Modelle lässt sich so auch eine Kostenfeststellung der benötigten Ressourcen für die Sanierung berechnen.

Auf Basis des Projekts wird zudem eine ArcGIS GeoBIM-Anwendung mit Verbindung zur Autodesk Construction Cloud (ACC) umgesetzt. Durch diese Verbindung von GIS und BIM können Infrastrukturprojekte in ihren räumlichen Kontext eingebunden werden. Der ganzheitliche Blick dank ArcGIS GeoBIM ermöglicht allen Beteiligten eine transparentere und effektivere Kommunikation. So können Zeit eingespart, Kosten reduziert und die Nachhaltigkeit von Bauprojekten verbessert werden.



Abb. 3.1.10-1: 3D-Laserscan der Stahlviadukt Stützen aus verschiedenen Perspektiven.

#### **Lösungsweg**

Die Vermessungen begannen mit der Erstellung des Festpunktfeldes. Auf dem Boden des Baufelds wurden alle 40 m Passpunkte angebracht und eingemessen. Das oberirdische Festpunktfeld auf den Bahnviadukten wurde dichter gespannt. Die Erfassung der 48 Teile des Stahlviadukts wurde mit dem Laserscanner Leica RTC360 ausgeführt und erfolgte sowohl auf dem Viadukt als auch darunter. Jede einzelne Stütze des stählernen Bahnviadukts musste aus sechs verschiedenen Richtungen

gescannt werden, da viele zu erfassende Bauteile sonst nicht sichtbar gewesen wären (siehe Abb. 3.1.10-1). Zusätzlich wurden Empfangsgebäude und Treppen sowie der Bahnsteig mit Überdachung des Haltepunkts Wernerwerk mit diesem Verfahren erfasst. Insgesamt waren etwa 1.200 Scans nötig.

Mit der Software Leica Cyclone Register 360 wurden Scanner-Standpunkte verknüpft, Punktwolken georeferenziert und Messdaten in einer ReCap Projekt Datei (.RCP-Format) sowie im Leica-eigenen Format (.LGS-Format) exportiert und der Innendienstbearbeitung übergeben. Für die photogrammetrische Erfassung aus der Luft kommt die Drohne DJI Phantom 4 RTK zum Einsatz. Die Kabel- sowie Abwasserschächte wurden mit dem Tachymeter Leica TS16 vermessen. Die Auswertung der Tachymeterdaten erfolgte mit der Vermessungssoftware gl-survey von ARC-GREENLAB.

Im nächsten Schritt modellierten die technischen Zeichner mit dem Programm Revit 2022 digitale Zwillinge der 8 bis 29 m langen und eingleisigen Bahnviadukte mit zwei Richtungsfahrbahnen auf Grundlage der Vermessungsdaten. Alle Bauteile wurden dabei akribisch nachgebildet. Dabei entstehen Bestandsmodelle mit dem Detaillierungsgrad LOD 400. Die Details geben millimetergenaue Auskunft über jedes verbaute Element der Hochbahninfrastruktur, von den mächtigen tragenden Stützen bis zu einzelnen Nieten (siehe Abb. 3.1.10-2). Im Durchschnitt wurden pro Bahnviadukt etwa 3.000 Einzelteile modelliert.

Die Besonderheit der Modellierung lag in der Idealisierung von Länge und Höhe der Eisenbahnviadukte, da sich der Stahl in den knapp 100 Jahren verformt hat. Zudem sind viele Bauteile direkt an den Stützenfußpunkten schwer einsehbar. Parallel zur Modellierung wurde eine Dokumentation von Deformationen angefertigt und eine Kollisionsprüfung durchgeführt. Die fertigen 3D-Bestandsmodelle wurden dem Auftraggeber als IFC-Datei zur weiteren Planung bereitgestellt.

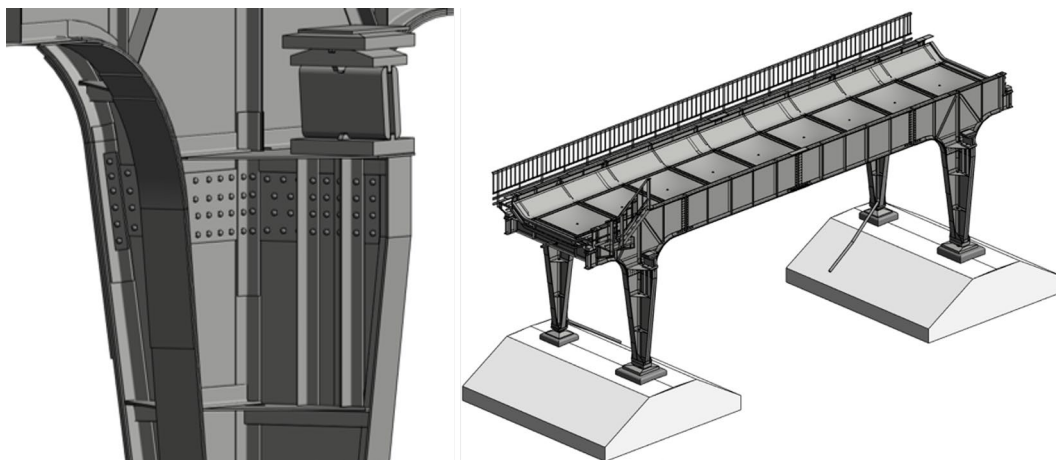


Abb. 3.1.10-2: LOD-400-Bestandsmodell des Eisenbahnviadukts.

Mit der Fertigstellung der 3D-Bestandsmodelle stehen die Grundlagen für eine ArcGIS GeoBIM-Anwendung bereit. Zunächst werden die Daten in ArcGIS Pro aufbereitet und anschließend in ArcGIS Online veröffentlicht. Im nächsten Schritt wird dort ein ArcGIS GeoBIM Projekt aufgesetzt und die projizierten und georeferenzierten Revit- und CAD-Dateien in eine Szene importiert. Aus den Revit-Dateien werden Gebäudeszenen-Layer-Pakete (.slpk) erstellt. Um den räumlichen Kontext besser zu verstehen, wird eine Karte mit projektrelevanten Geodaten, wie Flächennutzungsplänen, Bebauungsplänen, einem digitalen Geländemodell, 3D-OpenStreetMap-Daten, Projektplänen und ALKIS, eingerichtet.

Letztendlich ist das Projekt mit allen relevanten Daten in die ArcGIS GeoBIM-Anwendung integriert und zur Verwendung bereit. Mit dem ArcGIS GeoBIM-Viewer können sich alle Beteiligten eine Übersicht zum Projekt verschaffen. Es wird schnell ersichtlich, wo die zu modellierenden Abschnitte liegen. Der Editor von ArcGIS GeoBIM dient zum Informationsaustausch. Anhand von vorgefertigten Notiz-Layern können Kommentare erstellt und Dokumente wie PDFs, Fotos, ZIP-Dateien und weitere angehängt werden. Ein Issue-Management ist sowohl im Dashboard als auch im Viewer sichtbar und kann über ArcGIS GeoBIM und über die Autodesk Construction Cloud bearbeitet werden (siehe Abb. 3.1.10-3).

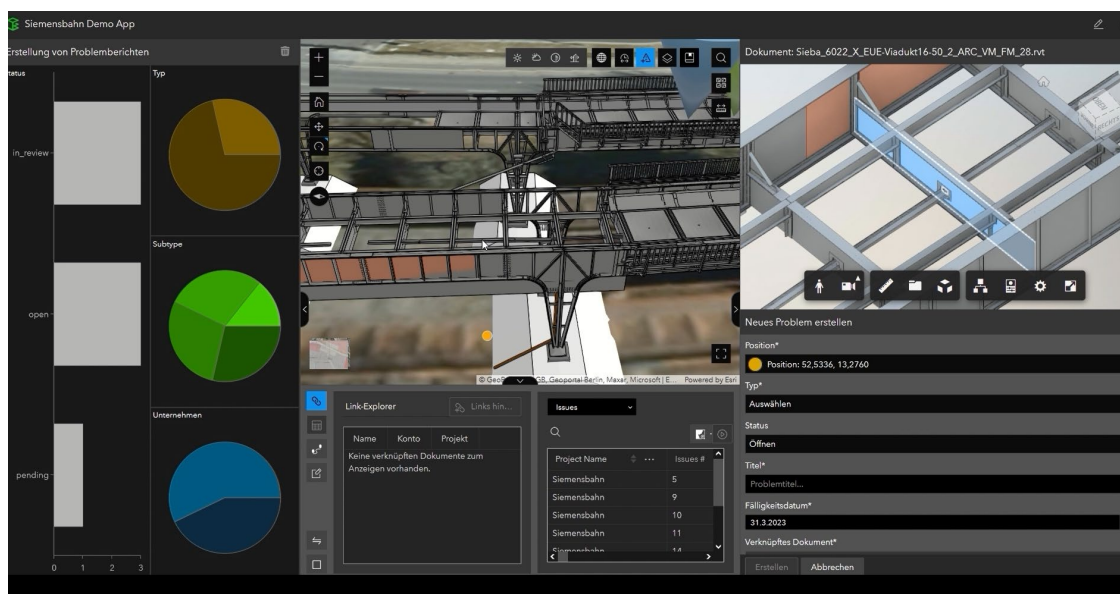


Abb. 3.1.10-3: Cloud-to-Cloud-Verbindung ArcGIS GeoBIM und Autodesk Construction Cloud

### Erfahrungen

Das Laserscanning ist insbesondere bei der Vermessung von Infrastruktur eine sehr effiziente Technologie, bei der sich ein Teil des Arbeitsaufwands in den Innendienst verschiebt. Die Technik ist dennoch ausgesprochen kosteneffizient. Durch den hohen Informationsgehalt und die exakte Geometrie der Bestandsmodelle ist ein digitaler Zwilling des Projektabschnitts für den BIM-Prozess entstanden. Dieser bildet die Grundlage für weitere Entscheidungs- und Planungsprozesse im Projektverlauf. Aufgrund des hohen Detailgrads können Kennwerte für die Fertigung von Bauteilen aus dem digitalen Zwilling abgeleitet werden. Die Integration von ArcGIS GeoBIM ermöglicht die Cloud-to-Cloud-Verbindung der Bestandsmodelle mit dem GIS. Mit Kommunikationswerkzeugen, dem Editor und dem zentralen Aufgaben- und Problemmanagement können sich alle Beteiligten, ob intern oder extern, eine Übersicht des Projekts verschaffen und einfach zusammenarbeiten. Die Bestandsmodelle können dabei in ihrem räumlichen Kontext betrachtet und analysiert werden. Die Verknüpfung von BIM und GIS bei Planung und Bau hat großes Potenzial für eine verbesserte Zusammenarbeit und damit für Zeit- und Kosteneinsparungen.

### 3.1.11 Open-BIM im Bestand – Der Factory Campus Düsseldorf

Beitrag von *Martin Pilhatsch, Anett Dude und Max Rauh*



Abb. 3.1.11-1: Ehemalige Industriehalle des *Factory Campus* nach der Fertigstellung 2023.

#### Projekt

Das Projekt „Factory Campus“ in Düsseldorf umfasste die Entwicklung eines ehemaligen Areals der metallverarbeitenden Industrie hin zu einem modernen Gewerbekomplex. Der Campus bietet jetzt nach Fertigstellung Gemeinschaftsbereiche, Veranstaltungsräume und Coworking-Spaces. In der Vision der Planer soll dadurch ein multifunktionaler Standort zur Förderung von Zusammenarbeit und Vernetzung zwischen verschiedenen Unternehmen und Branchen entstehen (Abb. 3.1.11-1).

Diese Vision haben PILHATSCH INGENIEURE in der Planungs- und Ausbauphase durch die Erarbeitung eines As-is-Grundlagenmodells im Rahmen der BIM-Methode mitgestaltet.

Neben weiteren Abriss- und Neubauprojekten im Quartier galt es eine Industriehalle zu revitalisieren. Das Objekt hat eine Grundrissfläche von 6.424 m<sup>2</sup> und einen Bruttorauminhalt von ca. 95.000 m<sup>3</sup>. Die Projektbearbeitung wurde als Open-BIM-Projekt konzipiert. Hierbei arbeiten alle Fachplaner modellbasiert über die herstellerunabhängige IFC-Schnittstelle zusammen. Nach den amtlichen Vermessungsleistungen für das Bauvorhaben und das Bauantragsverfahren erstellten PILHATSCH INGENIEURE eine digitale 3D-Bestandserfassung, Dokumentation und Modellierung. Dies sowohl in der Entwurfsphase als auch in der Ausführung.

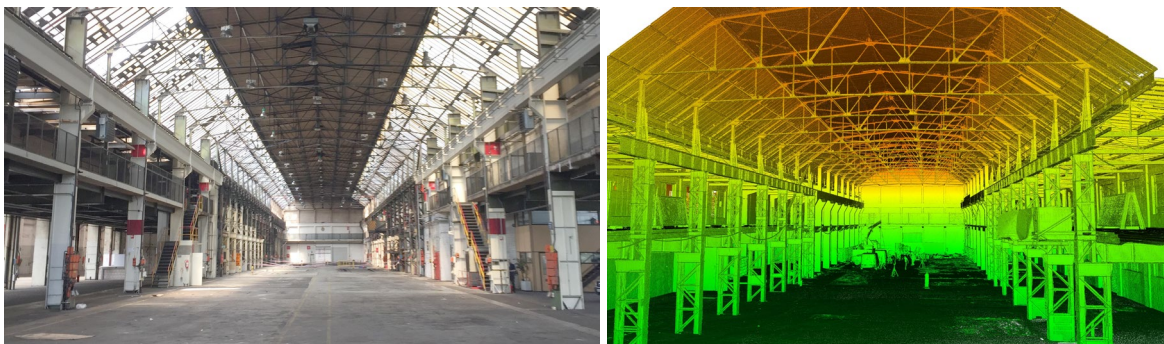


Abb. 3.1.11-2: Innenansicht der Industriehalle vor den Revitalisierungsmaßnahmen (links: Fotografie, rechts: Punktwolke)

#### Umsetzung

Bereits 2015 zu Beginn der Planung, noch vor Entkernung der Halle, wurden für das Objekt klassische Abgabeprodukte wie 2D-Grundrisse, Ansichten und Schnitte erarbeitet. Die Industriehalle und die unmittelbare Umgebung wurden innerhalb von 1 ½ Tagen mittels terrestrischem Laserscanning erfasst. Eine ausführliche 2D-Bestandsdokumentation als Planungsgrundlage konnte nach Prozessierung der Messdaten im Innendienst in den folgenden Wochen bereitgestellt werden (siehe Abb. 3.1.11-2).

2018, zu Beginn der Ausführungsplanung (HOAI-Leistungsphase 5), entschied der Bauherr für das zwischenzeitlich vollständig entkernte Gebäude eine erneute Bestandsdokumentation erstellen zu lassen; in diesem Fall als Grundlage für eine BIM-basierte Bearbeitung. Die Implementierung von AIA (Auftraggeber-Informationsanforderungen) und BAP (BIM-Abwicklungsplan) sowie die Spezifizierung von Modelleigenschaften trugen dazu bei, die Leistungsfähigkeit und Kompatibilität des resultierenden Modells sicherzustellen (siehe Abb. 3.1.11-3). Auch heute ist die Umsetzung eines Open-BIM-Projekts und die reibungsarme Zusammenarbeit der einzelnen Fachplaner ohne geeignete Rahmendefinitionen dieser Art kaum denkbar. Die gemeinsame Abstimmung der genannten Dokumente ist essenziell, um den hohen Anforderungen der BIM-Methode an die gewerkeübergreifende Kommunikation gerecht zu werden.

Die entkernte Industriehalle wurde erneut gescannt. Im Fokus stand die Erstellung einer soliden Messdatengrundlage, die alle relevanten Informationen für eine 3D-Modellierung liefert. Gewählt wurde ein hybrider Messansatz, bei dem die Daten der Leica RTC360 (leicht und schnell) mit denen der Leica ScanStation P40 (langsamer, aber Kompensator-gestützt) kombiniert wurden; insbesondere um die komplexe Stahlkonstruktion des Dachs in ausreichender Auflösung und präzise erfassen zu können. Gerade bei komplexen Bauteilen in größeren Entfernungen sind geodätische Präzisions-scanner der mobilen Datenerfassung und den vermehrt aufkommenden, günstigeren Ein-Knopf-Scannern vorzuziehen. Unsere Projekterfahrung zeigt, dass Fachplaner *verlässliche* Grundlagen fordern. Durch das Prinzip der Fehlerfortpflanzung beinhalten die abschließenden Modell- bzw. Bauteilfehler – nebst Anteilen der Modellierung selbst – auch Fehlerkomponenten der vorangehenden Messung und Registrierung. Kurzum: Hohe Ansprüche an das BIM-Modell bedingen eine gesteigerte Qualität der Sensorik und das Know-how, die entstehenden Daten-Massen (hier: ca. 600 GB) auch auswerten zu können. Dementsprechend wurden alle erfassten Daten über ein dichtes, ausgeglichenes Festpunktfeld registriert und 250 Einzelstandpunkte in eine homogene Gesamt-Punktvolke überführt.

Auf Basis dieser Punktvolke wurde ein Bestandsmodell mit hohem Detaillierungsgrad in der BIM-Autorensoftware Autodesk Revit erarbeitet. Die abgestimmten Vorgaben der AIA und Modellierungsrichtlinien fanden hierbei Berücksichtigung. Die Verortung der Modellgeometrie im Verhältnis zum Grundstück (= Georeferenzierung) sowie die Definition von modellinternen Einfüge- und Prüfpunkten stellte die wesentliche Grundlage zur zuverlässigen Koordinierung und Übertragung hin zu anderen Zielanwendungen (hier insbesondere Graphisoft Archicad) sicher. Abschließend stand ein As-is-BIM-Modell im offenen Format IFC mit einer Größe von 180 MB bereit. Verglichen mit den Rohdaten bildet die modellbasierte Ausarbeitung somit die Objektdaten mit einer Komprimierung auf 0,03 % ab.

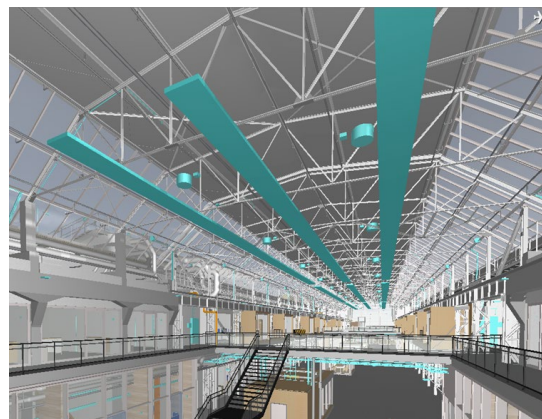


Abb. 3.1.11-3: Innenansicht des Bestandsmodells mit eingearbeiteter Ausführungsplanung der Architekten und TGA-Planer.

Der permanente Austausch mit den Tragwerks- und TGA-Planern sowie Architekten trug erheblich zur Qualität des resultierenden Bestandsmodells bei. Beispielhaft sind hier u. a. komplexere Fensterkonstruktionen und Verbindungen zwischen Stützen und Wänden. Bei einer auftretenden Unklarheit bzgl. Mauerwerk und Fensterfassung gelang in Abstimmung mit den Architekten die korrekte Einordnung der Fensterrahmen-Maße und damit die zuverlässige Bestimmung der Rohbauöffnungs-breiten (siehe Abb. 3.1.11-4).

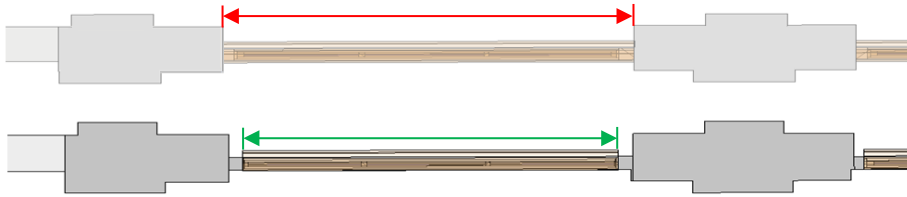


Abb. 3.1.11-4: Interpretationsansätze eines Fensterelements im Grundriss (oben: Fensterrahmen zu breit angenommen, unten: Konstruktiv korrekte Zuordnung).

Ähnliche Mehrdeutigkeiten traten bei der Verbindung von Wand- und Stützelementen auf. Es stellten sich die Fragen, ob eine Stütze mit einer Wand abschließt oder ob sie eingelassen ist – und falls ja, bis zu welcher Tiefe. Fragestellungen, die mit einem Aufmaß der sichtbaren Oberfläche nicht endgültig beantwortet werden können. Hier war der Austausch mit Architekten und Tragwerksplanern unentbehrlich, welche durch Einsicht in Tragwerks- und Schalpläne die wirkliche Geometrie der Baukonstruktion spezifizieren und somit zu einer wirklichkeitsgetreueren Abbildung im 3D-Modell beitragen konnten (siehe Abb. 3.1.11-5). Ein einfaches Nachzeichnen der Punktwolke ohne Betrachtung des Verwendungszwecks führt hier also nicht zum Ziel bzw. ginge auf Kosten der Modellintegrität.



Abb. 3.1.11-5: Interpretationsansätze einer Stütz-Wand-Konstruktion im Grundriss (v.l.n.r.: Punktwolke, Tragwerk nicht richtig interpretiert, Tragwerk richtig interpretiert).

### Fazit

Das Gespräch und der regelmäßige Austausch zwischen allen Projektbeteiligten, insbesondere zwischen Geodäten und Architekten, war für die termingerechte und wirtschaftliche Umsetzung des Projekts von hoher Bedeutung. Durch eine offene Kommunikation konnten potenzielle Probleme frühzeitig erkannt und effektive Lösungen gefunden werden. Die Zusammenarbeit bei der Optimierung des Grundlagenmodells ermöglichte den beteiligten Gewerken dessen direkte Nutzung, ohne, wie sonst üblich, ein weiteres, eigenes Modell in der jeweiligen Fachsoftware zu erarbeiten.

Insgesamt lieferte das Projekt wertvolle Erkenntnisse über die Vereinbarkeit von BIM mit geodätischen Technologien und Arbeitsweisen, um eine den Erwartungen der anderen Fachplaner gerecht werdende Objekterfassung und -modellierung in der Bestandsentwicklung zu ermöglichen. Es zeigte sich zudem, dass seitens der Auftraggeber ein Verständnis für die Investition in ein solides Grundlagenmodell für Projekte in der gemischten Quartiersentwicklung (Bestand und Neubau) zur Minimierung von Risiken geschaffen wurde:

*„Das 3D Modell hat uns und dem TGA-Planer an unzähligen Stellen Sicherheit in der Planung gegeben. Die Geschwindigkeit der Daten- und Informationsübertragung ist unschlagbar.“*

*(Zitat Planungsabteilung, Factory Campus GmbH & Co. KG)*

Dieses besondere Feedback und die Erfahrungen aus weiteren Projekten zeigen die Rolle der Geodäsie beim Thema „BIM im Bestand“. Geodäten dürfen und sollten sich trauen, jenseits der Messdaten auch Modelle zu erarbeiten. Sie sind am gesamten Herstellungsprozess von der Grundlagenermittlung bis hin zur Bauabnahme beteiligt und verstehen, wozu Bestandsmodelle benötigt werden. Sie haben ein inhärentes Verständnis für die verschiedenen Anforderungen an Inhalte und Genauigkeiten seitens der projektbeteiligten Fachplanungen und wissen auf Augenhöhe zu kommunizieren.



**PILHATSCH**  
Ingenieurvermessung

NACHHALTIGKEIT



Pilhatsch  
Ingenieurvermessung GmbH

Rüingsdorfer Straße 6  
53173 Bonn

+49 (0) 228 30862-33  
info@pilhatsch-ing.de

[www.pilhatsch-ing.de](http://www.pilhatsch-ing.de)

DIGITALE TRANSFORMATION

3D LASERSCANNING

BAUEN IM  
BESTAND



FORSCHUNG

INNENENTWICKLUNG



BERATUNG

Die Pilhatsch Ingenieurvermessung GmbH steht für die konsequente Anwendung innovativer Geo-Technologie. Unser gesamtes geodätisches Wissen bringen wir für effiziente und nachhaltige Bauprozesse ein. Building-Information-Modeling (BIM) nutzen wir für neue Projekte ebenso wie für Optimierungen im Bestand. Für Ihre Entscheidungen schaffen wir eine verlässliche Grundlage. Unser Ziel ist die beste Datenbasis. Sprechen Sie mit uns über die Zukunft des Baus. Wir beraten Sie eigenverantwortlich und unabhängig.

### 3.1.12 BIM-Fachmodelle in der Eisenbahn Infrastruktur +

*Beitrag von Javier Toronjo Lago und Sofiane Dechira*

#### Ziel/Aufgabenstellung

Aufgabenstellung war es, für die Ausbaustrecke Hagen-Siegen-Hanau der *DB INFRA GO AG* ein komplettes BIM Modell als Bestandsdokumentation der Strecke mit ihrer technischen Ausstattung und den Ingenieurbauwerken zu erstellen.

Der Aufnahmebereich belief sich vom km 20 bis km 34 der Strecke 2900 und wurde in 7 verschiedene Abschnitte unterteilt. Davon waren 3 Planungsbereiche, die in einem Level of Development (LOD) von 200-300 modelliert wurden, sowie 4 Übergangsbereiche, die mit einem LOD von 100 erstellt werden sollten. In den Planungsbereichen wurden z.B. folgende Fachmodelle festgelegt:

- KIB = Konstruktiver Ingenieurbau
- TU = Tunnelbauwerk
- VA = Verkehrsanlage
- ENT = Entwässerung
- KTB = Kabeltiefbau
- LST = Leit- und Signaltechnik
- OLA = Oberleitungsanlage
- DGM = Digitales Geländemodell (Trassennah aus Befliegungsdaten)
- UMG = Umgebungsmodell (Daten aus der Landesverwaltung, DGM1 und City GML)

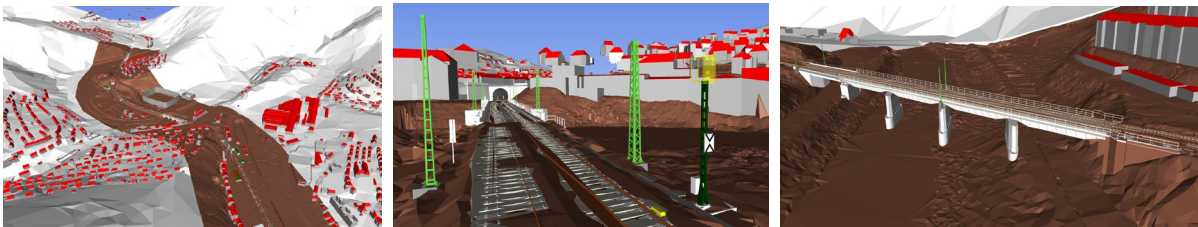


Abb. 3.1.12-1: Koordinationsmodell, Koordinationsmodell Detail, Brücke

#### Aufnahmemethoden

Zur Aufnahme der Topografie wurden verschiedene Messmethoden eingesetzt. Es kamen die klassische tachymetrische Bestandsaufnahme, die Drohnenbefliegung, das terrestrische Laserscanning (TLS) sowie das gleisgestützte kinematische Sitrack-Messsystem zur Anwendung. Als sehr hilfreich erwies sich das gleisgestützte kinematische Aufnahmeverfahren für die Erzeugung einer Punktwolke im gleisnahen Bereich.

#### Durchführung Modellierung

Die Modellierung erfolgte nach Vorgabe des Auftraggebers mit der Autorensoftware Autodesk Revit. Hinzu kamen noch verschiedene CAD-Programme (z.B. Civil 3D, ProVI etc.) mit denen die Modellierung durchgeführt wurde.

Am Anfang der Modellierung wurde der Projektbasispunkt für Revit definiert, damit es bei der Verknüpfung der einzelnen Fachmodelle in einem Koordinationsmodell zu keinen Koordinatenverschiebungen zwischen den einzelnen Modellen kommen kann.



Als Vorgabe gab es Namenskonventionen der einzelnen Fachmodelle sowie gewisse Attribute, die in den BIM-Modellen anzulegen und auch teilweise schon zu befüllen waren.

Als Basis der Modellierung wurde die tachymetrische Bestandsaufnahme in der CAD so aufbereitet, dass sie in einem CAD-Container als Verknüpfung in Revit für die Modellierung genutzt werden konnte. Die Punktwolken aus der Befliegung, TLS und der kinematischen Aufnahme wurden in *Autodesk RECAP* aufbereitet und konnten so in Revit als externe Verknüpfung eingebunden werden, um die Modelle zu erzeugen.

Bei den Ingenieurbauwerken wurde nicht nur der sichtbare Bereich modelliert, sondern auch nach vorhandenen Bestandsplänen z.B. die Fundamente oder nicht sichtbare Wände modelliert.

Für jedes Fachmodell gab es spezielle Anforderung an die Modellierung. So sollten z.B. bei dem Tunnel nicht nur die sichtbare Auskleidung modelliert werden, sondern auch die Hinterpackung und der Luftraum, um beurteilen zu können, ob eine Aufweitung oder ein Neubau realisierbar ist. Gelöst wurde diese Aufgabe durch die Erstellung von Ist-Profilen der Auskleidung des Tunnels aus der Punktwolke. An diesen Profilen wurde dann die Hinterpackung und der Luftraum über einen parallelen Versatz des Profils die einzelnen Extrusionskörper modelliert.

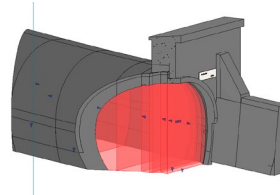
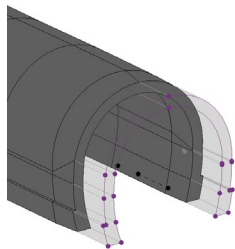


Abb. 3.1.12-2: Profildarstellung der Tunnelemente

Abb. 3.1.12.-3: Luftraum Tunnel im Schnitt

### Durchführung Attribuierung

Als große Herausforderung stellte sich während der Bearbeitung die Attribuierung heraus. Je nach Fachmodell gab es zwischen 30 und 50 Attribute, die aus verschiedenen Datenquellen befüllt werden mussten.

Die Attribute wurden in 3 verschiedene Kategorien eingeteilt.

1. Übergeordnete projektbezogene Attribute  
z.B. Auftraggeber, Planungsabschnitt, Koordinaten Bezugssystem etc.
2. Bauteilbezogene Attribute  
z.B. Streckennummer, Objektname, technischer Platz, Material
3. Fachmodellbezogene Attribute  
Diese Attribute wurde speziell für das jeweilige Fachmodell angelegt  
z.B. für KIB (Konstruktiver Ingenieurbau) gab es die Attribute Verkehrsbreite, Bauhöhe, Kreuzungswinkel

Als Schreibweise wurde die CamelCase Variante definiert, d.h. wenn ein Attribut aus mehreren Wörtern besteht, wird es zusammengeschrieben, aber bei jedem neuen Wort ist der Anfangsbuchstabe großgeschrieben. Als Beispiel „BIM Koordinaten System“ wird dann als Attribut folgendermaßen geschrieben: BimKoordinatenSystem

Für die Befüllung der übergeordneten Attribute wurde ein Dynamo-Script geschrieben, das die Befüllung in einen Fachmodell automatisiert. Die bauteil- und fachmodellbezogenen Attribute, wurden

mit Hilfe von Applikationen und Excel-Tabellen teilautomatisiert befüllt. Spezielle Attribute wurden über eine Auswahl oder sogar einzeln eingetragen. Das war teilweise sehr zeitintensiv.

### **Datenablage im BIM-Bestandsmodell**

Die Datenablage im BIM-Bestandsmodell erfolgte strukturiert und systematisch, um die Integrität und Nachverfolgbarkeit der Informationen zu gewährleisten. Die Modelle und Daten wurden in einer zentralen Datenbank gespeichert, die durch klar definierte Zugriffsrechte und Versionierung gesichert war. Dabei wurden alle relevanten Dokumente, CAD-Dateien und Attributdaten in einem gemeinsam genutzten Datenumgebungssystem (Common Data Environment, CDE) hinterlegt, was eine konsistente und nachvollziehbare Dokumentation des Bestandsmodells ermöglichte.

Die strukturierte Datenablage in einer zentralen Datenbank stellt sicher, dass alle Projektbeteiligten jederzeit Zugriff auf das aktuelle und korrekte Modell haben. Dies ist besonders wichtig in großen Infrastrukturprojekten, wie dem Ausbau der Strecke Hagen-Siegen-Hanau, bei denen viele unterschiedliche Fachdisziplinen und Datenquellen zusammenarbeiten müssen. Durch die Nutzung eines CDE konnten die Daten zentral gesammelt, verwaltet und abgerufen werden, was die Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen den verschiedenen Teams und Fachdisziplinen erleichterte.

### **Kollisionsprüfung und Issue-Management**

Die erfolgreiche Abwicklung des Projekts hing maßgeblich von der effektiven Kommunikation mit dem BIM-Manager und der gezielten Koordination zwischen den Projektbeteiligten ab. Regelmäßige formelle Meetings waren dabei von zentraler Bedeutung. Diese Treffen ermöglichten es, den Fortschritt der Modellierung zu überprüfen, sicherzustellen, dass alle Anforderungen und Standards eingehalten wurden, und die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Fachdisziplinen zu optimieren.

Ein wesentlicher Schritt in diesem Prozess war die Kollisionsprüfung der Fachmodelle durch den Auftraggeber. Diese Prüfung gewährleistete, dass keine geometrischen Konflikte vorlagen und alle Modelle korrekt integriert waren. Die identifizierten Probleme und Kollisionen wurden dann in der Online-Plattform BIMcollab dokumentiert und verwaltet. Dies ermöglichte den verantwortlichen Modellierern eine gezielte Bearbeitung der Issues. Sie erhielten Benachrichtigungen über die zu lösenden Probleme und konnten ihre Lösungen direkt in der Plattform dokumentieren.

Durch die enge Abstimmung mit dem BIM-Manager während der Meetings und die effiziente Nutzung von BIMcollab zur Issues-Verwaltung wurde sichergestellt, dass das Projekt reibungslos voranschritt und alle Anforderungen erfüllt wurden.

### **Erfahrungen/Fazit**

Ein BIM-Modell lebt von den Informationen, die über die Attribute definiert sind. Bei der Modellierung werden aus der Autorensoftware, hier Autodesk Revit, die geometrischen Attribute wie Länge, Breite, Volumen usw. schon eingepflegt. Für die Planer wiederum sind die individuellen und bedarfsgerechten Attribute von größter Bedeutung.

Bei der Erstellung eines so komplexen BIM-Modells mit den zahlreichen Fachmodellen ist die Attribuierung, hier die Sammlung aus unterschiedlichen Datenquellen und die Überführung der Attribute, ein nicht zu unterschätzender Zeitfaktor. Für die Bearbeitung der einzelnen Fachmodelle, sprich Modellierung und Attribuierung war ein hoher Kenntnisstand zu den Fachmodellen nötig. Dieses Wissen wurde in Teams-Besprechungen mit den Planern/AG an die BIM-Autoren übermittelt. Anforderungen, die am Anfang des Projektes festgelegt wurden, können sich gerade bei so einer umfangreichen Planung, ändern und sollten im BIM-Prozess berücksichtigt werden.

### 3.1.13 Bestandsmodellierung der Drewer Brücke in Marl innerhalb des Projektes BIM.Ruhr +

*Beitrag von Annika Zimmermann, Signe Mikulane und Elena Straßenmeyer*

#### **Problemstellung/Ziel**

Das Projekt „Netzwerk Building Information Modeling Mittleres Ruhrgebiet“ – kurz BIM.Ruhr – war ein Kooperationsvorhaben des BIM Instituts der Hochschule Bochum, des Instituts für Baubetrieb und Baumanagement der Universität Duisburg-Essen sowie des Kreis Recklinghausen mit den Städten Bochum und Herne. Ziel des vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) geförderten Projektes war es, gemeinsam Kompetenzen im BIM-Bereich aufzubauen, sowie die BIM-Anwendung und Einführung im kommunalen Raum zu erforschen. Darüber hinaus wurde ein Innovationsnetzwerk bestehend aus kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) aus der Baubranche, öffentlicher Verwaltung und Wissenschaft gegründet, um sich gemeinsam der BIM-Methode zu nähern und diese in die Region zu tragen.

Als Forschungsschwerpunkt wurde neben einem theoretischen Ansatz, die Bestandsmodellierung praktisch an drei Pilotvorhaben der beteiligten Kommunen erforscht. Ziel war es, auf dieser Basis eine Modellierungsrichtlinie für Kommunen zu erstellen sowie Best-Practice-Beispiele zu generieren, die den Projektbeteiligten und weiteren interessierten als Vorlage dienen können. Innerhalb des eigens veröffentlichten Leitfadens zur BIM-Einführung in öffentlichen Verwaltungen werden Kommunen einerseits bei der BIM-Einführung unterstützt und erhalten durch die dokumentierten Pilotprojekte Einblick in praktische BIM-Prozesse. Ziel des Projektes war es dabei, unterschiedliche Projekttypen abzudecken. Die Modellierungen wurden vom BIM-Institut der Hochschule Bochum durchgeführt.



Abb. 3.1.13.-1: Foto der Drewer Brücke (©Projekt Bim.Ruhr)

#### **Durchführung/Lösungsweg**

Das Pilotprojekt „Drewer Brücke“ deckt die Projektart „Brücke“ (Ingenieurbauwerk) im Forschungsprojekt BIM.Ruhr ab. Es handelt sich hierbei um eine Bogenbrücke mit abgehängter Fahrbahn für PKW und LKW (Metro Logistics Halle in unmittelbarer Nähe) aus dem Jahr 1970, die über den Wechsel-Datteln-Kanal in Marl verläuft. Ihre Maße belaufen sich auf eine Länge von ca. 63 m und einer Breite von 14 m. Im Zuge einer regelmäßigen Prüfung des Bauwerks, wurde hier 2019 ein schlechter Allgemeinzustand diagnostiziert, sodass die Brücke in großen Teilen saniert werden muss. Gefertigt

wurde die Drewer Brücke hauptsächlich aus Stahl, um bspw. die Stabbögen ausreichend konstruieren zu können. Dabei wurden die Stahlteile mit einer Bleimennige als Grundanstrich bearbeitet, die jedoch durch ihren Bleianteil schadstoffbelastet ist und daher zusätzlich zur allgemeinen Instandsetzung sachgerecht entfernt, verwertet und ersetzt werden muss.

Als Grundlage für die Modellierung der Drewer Brücke dienten, sowohl originäre (Punktwolke) als auch sekundäre Daten (Bestandspläne). Der Brückenbestand wurde mittels TLS Trimble-X7 durch den Projektpartner Kreis Recklinghausen, mittels TLS Leica RTC360 durch die Hochschule Bochum und mittels UAV-Befliegung mit der DJI Inspire Pro durch die Stadt Herne erfasst. Alle Punktwolken wurden vorab durch punktwolkenbasierte Ansätze (Cloud-to-Cloud-Vergleich (C2C) und Multiscale-Model-to-Model-Cloud-Vergleich (M3C2) in CloudCompare) miteinander verglichen. Am besten schnitt die Punktwolke des Leica 360 ab, weshalb sie für die Bestandsmodellierung ausgewählt wurde.

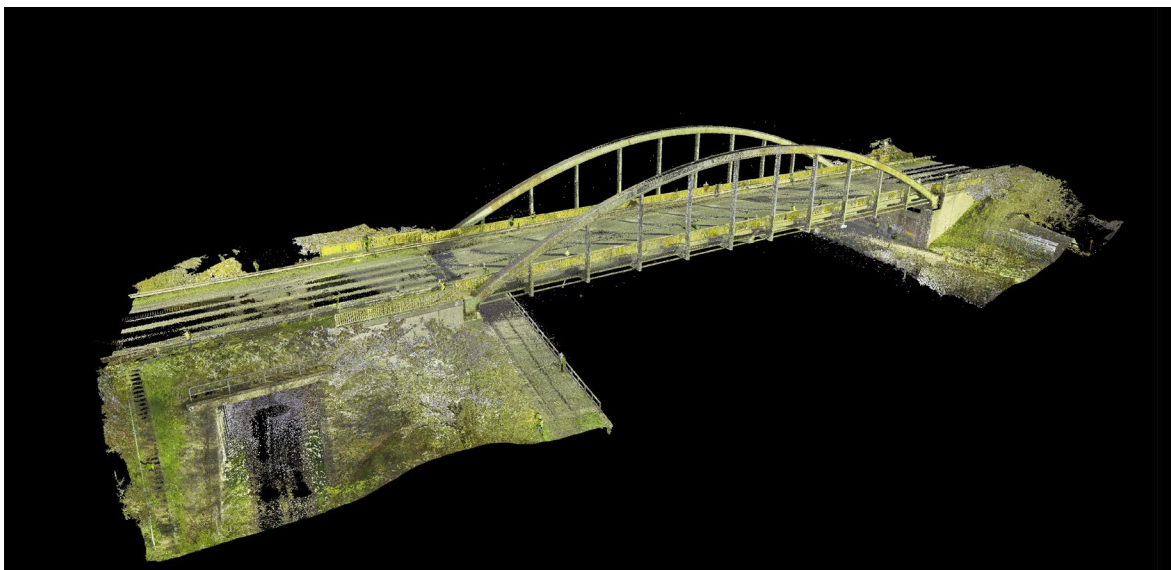


Abb. 3.1.13-2: Punktwolke der Drewer Brücke (©BIM.Ruhr)

Die Modellierung des Brückenbauwerks erfolgte mit der Autorensoftware Revit von Autodesk. Das BIM-Modell, besteht sowohl aus geometrischen als auch aus alphanumerischen Informationen und die Bauteile sind durch Metadaten zu Datenherkunft, Modellierung und deren Qualität angereichert. Für die Implementierung der Metadaten zu den einzelnen Brückenbauteilen im Bestandsmodell, wurde der entwickelte VERM-Metadaten-Katalog eingesetzt. Dieser wurde in Revit unter gemeinsam genutzten Parametern vordefiniert und anschließend im Projekt als projekteigener Projektparameter bzw. in Familien als familieneigener Parameter zur Beschreibung von Bauteil-Metadaten eingeführt. Demgemäß erhält jedes Bauteil den gleichen Satz an Exemplarparametern, die Auskunft über seine Herkunft und Modellierung geben und je nach Informationslage besetzt sind.

Zur Qualitätsprüfung des BIM-Modells wurde ein Abgleich zwischen Modell und der Punktwolke durchgeführt. Hierfür wurde das Cloud-to-Mesh-Vergleichsverfahren (C2M) in Cloud Compare (CC) angewendet. Mit einem Spektrum von -5 bis +5 cm deuten die weißen Bereiche des Brückenbauwerks auf mehrheitlich geringe Abweichungen zwischen dem BIM-Modell und der Punktwolke hin. Der häufigste Grund für die größten Abweichungen zwischen Bestandsmodell und Punktwolke ist zum einem die generalisierte Modellierung bestimmter Bauteile (z. B. Straßenbelag über die Brücke wird nicht verformungsgetreu abgeschrägt modelliert, sondern gerade) oder nicht benötigte Bestandteile in der Punktwolke, die nicht bereinigt worden sind (z. B. Vegetation), aber auch Bereiche, die

keine hohe Modellierungsgenauigkeit bedürfen wie die direkte Umgebung (Topographie) im Fall der Drewer Brücke.

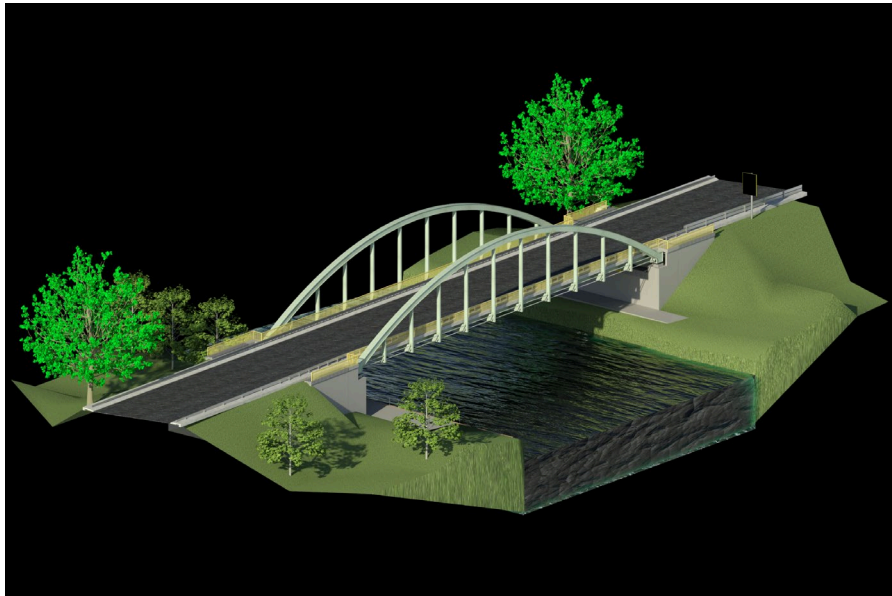


Abb. 3.1.13-3: Bestandsmodell Drewer Brücke (©Projekt Bim.Ruhr)

#### **Erfahrungen/Fazit**

Nach Fertigstellung des Bestandsmodells wurde dieses als IFC-Datei an den Kreis Recklinghausen übergeben. Die Projektbeteiligten konnten innerhalb des Prozesses zur Erstellung des Modells erproben, wie passende Informationsfreigaben ablaufen müssen, welche Daten sich zur Integration in das Modell eignen und wie der Austausch des Modells effizient ablaufen kann. Aktuell arbeitet der Kreis Recklinghausen daran, das Bestandsmodell für weitere Anwendungsfälle auch nach dem Abschluss des Förderprojektes zu nutzen. Weitere Details zum BIM.Ruhr-Leitfaden und zum Projekt finden Sie auf [www.bim-ruhr-net](http://www.bim-ruhr-net).

### 3.1.14 BIM-konforme Vorabmaßnahme für die Planung und Neuunterbringung des Paul-Ehrlich-Instituts in Langen +

*Beitrag von Denise Becker und Matthias Sturmfels*

#### Ziel

Seit Ende 2022 sind alle neu zu planenden Bundesbauvorhaben mit der Methode Building Information Modeling (BIM) verbindlich einzuführen (vgl. BMI & BMVg 2021), so auch der Neubau des Paul-Ehrlich-Instituts in Langen. Es ist als Bundesinstitut für Impfstoffe und biomedizinische Arzneimittel eine Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Gesundheit. Bausubstanz und technische Ausrüstung des derzeitigen Gebäudes müssen durch aufwändige Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen erhalten werden. Zudem werden Erweiterungsflächen benötigt. Daher soll auf einem nahegelegenen Grundstück ein neuer Forschungscampus entstehen.

Als Teil des Großprojektes zur Neuunterbringung des Paul-Ehrlich-Instituts steht in diesem Beitrag die Vorabmaßnahme „Medienkanal“ im Vordergrund. Das Paul-Ehrlich-Institut wird aktuell durch die Energiezentrale der DFS Energy über einen unterirdischen, begehbaren Medienkanal im Bestand versorgt. Durch den in der Nähe befindenden Neubau soll die infrastrukturelle Erschließung über einen unterirdischen, begehbaren Medienkanal Neubau erweitert werden (siehe Abb. 3.1.14-1). Die Vorabmaßnahme unterliegt ebenfalls dem BIM-Grundgedanken.



Abb. 3.1.14-1: Übersicht des bestehenden (grün) und neu geplanten (orange) Medienkanals (Quelle der Hintergrundkarte: OpenStreetMap)

Das Ziel des Projektes ist die Vorabmaßnahme des Medienkanals mithilfe der BIM-Methode effizient umzusetzen, eine Qualitätssicherung bereits in der Planung zu garantieren und alle Gewerkebetriebe im gesamtheitlichen Prozess zu integrieren.

#### Projektbeschreibung

Bauherr ist die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA), die als zentraler Dienstleister nutzenden Bundesbehörden, wie dem Paul-Ehrlich-Institut, die benötigten Flächen als Vermieter zur Verfügung stellt. Vertreten wird sie im Projekt durch den Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen (LBiH) auf Grundlage der Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes (RBBau) (vgl. Paul-Ehrlich-Institut 2023).

Für eine reibungslose Projektabwicklung müssen im Vorfeld projektspezifische Rahmenbedingungen festgelegt werden. Dazu zählen zum einen die vom Auftraggeber definierten AIA (Auftraggeber-Informationsanforderungen) und zum anderen der darauf aufbauende BAP (BIM-Abwicklungsplan).

Mit der BIM-Methode werden sogenannte BIM-spezifische Rollen vergeben. Auf der höchsten Hierarchieebene im Organigramm steht auf der Arbeitgeberseite das BIM-Management. Darunter folgen die BIM-Gesamtkoordination und BIM-Fachkoordinationen auf Arbeitnehmerseite. Um die Vielzahl an Projektbeteiligten zusammenzubringen, finden in einem regelmäßigem Turnus Modellbesprechungen zum Austausch und zur Aufgabenverteilung statt.

In der Projektbearbeitung liegt der Fokus vor allem auf der interdisziplinären Kollaboration und modellbasierten Kommunikation. Für das Management von Prozessen und zum Kommunikations- und Datenaustausch wird die web-basierte, gemeinsame Datenumgebung (Common Data Environment, CDE) *AWARO* verwendet. Integriert ist das modellbasierte Aufgabenmanagement (Issue Management), welches über eine BIM Collaboration Format (BCF) Schnittstelle verfügt. Demnach kann eine Zuweisung der dokumentierten Konflikte während des Prüfprozesses anhand des Koordinationsmodells an die zuständige Person erfolgen. Jede an der Planung beteiligte Fachdisziplin (Gewerk) erstellt eigene BIM-Fachmodelle:

- *TPI VERMESSUNGSGESELLSCHAFT MBH* - Ingenieurvermessung: Digitales Gelände-modell (**DGM**), Bestand Infrastruktur (**INF**), Bestand Leitungen Außenanlagen (**LAA**)
- *DK TEAMPLAN GMBH* - Objektplanung: Ingenieurbauwerke (**IBW**)
- *ZPP INGENIEURE AG* - Fachplanung: Tragwerk (**TWP**)
- *DR. HUG GEOCONSULT GMBH* - Geotechnik/ Baugrunduntersuchung: Baugrund (**BGU**)
- *INGENIEURBÜRO SCHULZ* - Brandschutzplanung: Brandschutz (**BRS**)

## TLS. GNSS. CAD. UAS. BIM. Lösungen auf höchstem Niveau.

- Über 20 Jahre Erfahrung in der Ingenieurvermessung
- Über 40 festangestellte Spezialisten\*innen
- Neueste Technik und Software
- Betreuung regionaler, nationaler und internationaler Großprojekte
- Beste Referenzen aus z.B. Großindustrie und öffentlicher Hand
- Sitz im Rhein-Main-Gebiet

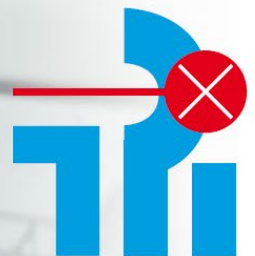
**TPI ist ein großes innovatives Ingenieurbüro, in dem Ihr Projekt in allen Phasen von bestens ausgebildeten Spezialisten\*innen betreut wird.**

Für weitere Informationen und Lösungen für Ihre Projekte sprechen Sie uns gerne an.



**TPI Vermessungsgesellschaft mbH**

Otto-Hahn-Straße 46  
D-63303 Dreieich  
Telefon 0 61 03 / 9 98 - 0  
Telefax 0 61 03 / 3 40 16  
info@tpi-vermessung.de  
www.tpi-vermessung.de



ZPP INGENIEURE AG führt als BIM-Gesamtkoordination die Fachmodelle zu einem Koordinationsmodell zusammen. Die Vorgabe des Koordinatensystems (Lage: Gauß-Krüger, Zone 3 und Höhe: DHHN2016) stellt sicher, dass alle digitalen Lieferobjekte zueinander lage- und höhenrichtig und in einem einheitlichen Bezugskoordinatensystem georeferenziert vorliegen. Aufgrund der Koordinatenlänge werden alle Modelle in der Bearbeitungsphase auf einen lokalen Projektnullpunkt modelliert, sodass die Performance in der CDE *AWARO* verbessert und die Fehlinterpretation in der BIM-Software vermieden wird. Der Projektnullpunkt wird durch einen Modellursprungskörper dargestellt. Dieser individuell auf den Planer zugeschnittene Körper (ein Kuchenstück pro Gewerk) ist von allen Planungsbeteiligten in die Fachmodelle als Referenzierung zu übernehmen. Die zusammengefügte Modellursprungskörper bilden in Summe eine Kuchenform ab, bei der die Kuchenstücke bündig aneinander liegen und als Vergleichskörper die korrekte Lage im Raum sicherstellen. Alle digitalen Modelle werden im Industry Foundation Classes (IFC) in der Version IFC4 ausgetauscht. Ausgehend von einem Level of Geometry (LOG) von 100, der zunächst wesentliche grobe Bauwerksparameter abbildet, werden die Modelle im Laufe des Projektes weiter detailliert.

### Aufgabe der Ingenieurvermessung

Eine Kernkompetenz des Geodäten ist der sichere Umgang mit Koordinatensystemen und deren Transformationen. Neben der Definition des Koordinatensystems, um eine einheitliche Basis für alle digitalen, bauteilorientierten Modelle zu schaffen, ist die Aufgabe von *TPI VERMESSUNGSGESELLSCHAFT MBH* die Bestandserfassung sowie die daraus resultierende BIM-konforme Bestandsmodellierung. Im Jahr 2023 fand eine großflächige topographische Bestandsaufnahme statt, um den Ist-Zustand für die Planung zu dokumentieren. Ein daraus resultierendes Fachmodell ist unter anderem das digitale Geländemodell (DGM). Über die 3D aufgenommenen Objektpunkte ist in *AUTODESK CIVIL 3D* die Dreiecksvermaschung generiert worden. Die Fachmodelle des Bestandskanals (INF) und der Leitungen der Außenanlagen (LAA) wurden in der BIM-Software *AUTODESK REVIT* modelliert. Der Bestandskanal ist angesichts der einfachen und homogenen Geometrie tachymetrisch aufgemessen worden. Bei komplexen Bauwerken kann auf 3D-Laserscanning zurückgegriffen werden. Die unterirdisch verlegten Leitungen wurden aus vorhandenen 2D-Bestandsplänen in ein 3D-Bestandsmodell überführt. Dabei ist generell die Qualität der Pläne für die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Modellierung entscheidend. In relevanten Bereichen kamen Suchschachtungen hinzu, um Leitungsfreiheit vor den erforderlichen geotechnischen Untersuchungen zu gewährleisten und Bestandspläne zu verifizieren bzw. revidieren zu können sowie letztlich weitere Erkenntnisse zum Ist-Zustand zu gewinnen.

Alle Modelle werden im IFC-Format exportiert und in der *CDE AWARO* bereitgestellt. Exemplarisch wird nachstehend ein Ausschnitt der Fachmodelle IBW, DGM, INF und LAA dargestellt:

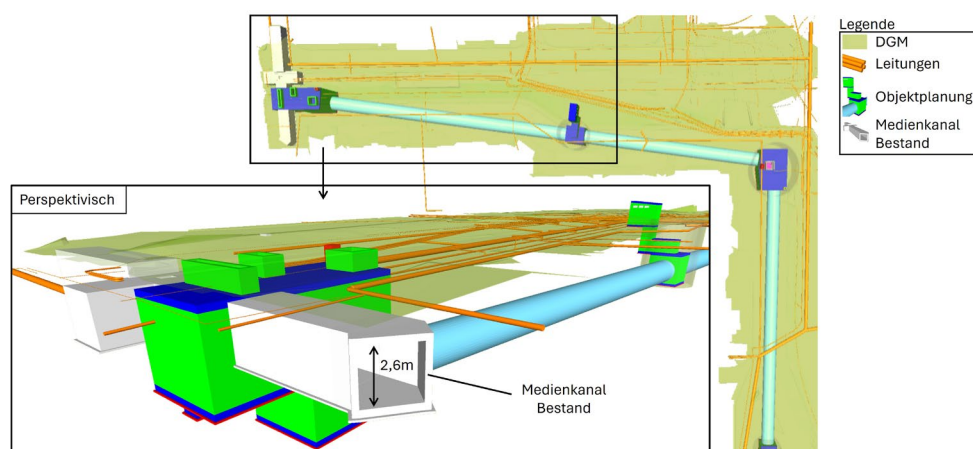


Abb. 3.1.14-2: Draufsicht des bestehenden und beplanten Medienkanals mit perspektivischem Detailausschnitt der Fachmodelle IBW, DGM, INF, LAA (Urheberschaft: BlmA)



**Fazit**

Im hier vorgestellten Projekt kann schon jetzt ein unverkennbarer Mehrwert durch Anwendung der BIM-Methode bei den verschiedenen Beteiligten resümiert werden. Die Zusammenarbeit und Kommunikation wird zwischen den Gewerken verbessert, da sich sprichwörtlich alle an einen Tisch setzen und eine gemeinsame, zentrale Datenplattform nutzen. Schwierigkeiten oder Unstimmigkeiten bei der Modellierung werden durch den fachübergreifenden Austausch zwischen den Gewerken diskutiert und Empfehlungen ausgesprochen. Durch die umfangreiche Zugänglichkeit auf die aktuellen Informationen und Modelle, wird die Transparenz erhöht und Missverständnisse vermieden. Potenzielle Konflikte zwischen den verschiedenen Fachmodellen werden frühzeitig in der Planungsphase erkannt und behoben, bevor diese zu kostspieligen Problemen in der Bauausführungsphase führen. Die bisher erzielten Ergebnisse sind vielversprechend und bestätigen die Effektivität der genutzten Methoden und Technologien und ermöglichen eine präzise Abstimmung und Koordination.

Geodäten stellen die vermessungstechnischen Grundlagendaten bereit, auf die sich alle weiteren Planungen und Ausführungen beziehen. Die präzisen Daten sind für die Erstellung und Verwaltung digitaler Modelle unerlässlich und gewährleisten die Genauigkeit und Verlässlichkeit der BIM-Modelle. Dies trägt ebenfalls zu einer reibungslosen Kommunikation und effizienten Koordination zwischen allen Projektbeteiligten bei. Ohne die Vermessungsdaten wäre die erfolgreiche Umsetzung von BIM-Projekten kaum vorstellbar, was die Bedeutung der Geodäten in diesem Prozess und vor allem im sogenannten „Brownfield“ (Bauen im Bestand) unterstreicht.

Wir bedanken uns ganz besonders beim Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen (LBIH) für das entgegengebrachte Vertrauen und bei allen Projektbeteiligten für die gute Zusammenarbeit auf Augenhöhe.

**Literatur**

- BMI & BMVg (2021): Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat & Bundesministerium der Verteidigung (Hrsg.): Masterplan BIM für Bundesbauten. Erläuterungsbericht.
- Paul-Ehrlich-Institut (2023): Neubau, URL: <http://www.pei.de/neubau>, letzter Aufruf am: 11.06.2024.

### 3.1.15 Baubegleitende Vermessung am Münchener Flughafen +

*Beitrag von Wolfgang Haller, Leiter Datenmanagement und Geoinformation Flughafen München und Christian Rust, Leiter BIM & FM NavVis GmbH*

#### **Problemstellung/Ziel**

Im Rahmen von Bauprojekten stellt sich u.a. die Fragen: Sind die Bautoleranzen des Rohbaus eingehalten? Sind die Durchbrüche an der richtigen Stelle, um aufwendige Nacharbeiten der technischen Gewerke auf der Baustelle zu vermeiden?

Um diese Fragestellungen zu beantworten, wurde im Projekt Erweiterung Terminal 1 am Flughafen München eine Aufnahme des Rohbaus mit NavVis VLX gemacht.

#### **Durchführung/Lösungsweg**

Die Planungsgesellschaft ABP (Assmann Beraten + Planen GmbH) erhielt den Auftrag zur Weiterführung der Objektplanung des 90.000 m<sup>2</sup> großen Gebäudes und zur Fortführung der Planung der technischen Ausrüstung. Um eine reibungslose Fortsetzung der Arbeit für die technische Ausrüstung zu gewährleisten, entschloss sich das ABP-Team, in baubegleitende Maßnahmen in Form eines As-built-Modells zu investieren.

Drei Ebenen des Gebäudes mit einer Fläche von 69.000 m<sup>2</sup> wurden im Frühjahr 2022 mit dem NavVis VLX gescannt. Die Flughafen München GmbH führte diese Aufnahmen durch, da sie ein VLX-Gerät regelmäßig einsetzt und große Erfahrung in diesem Bereich hat.



Abb. 3.1.15-1: Scannen auf der Baustelle mit dem NavVis VLX

Die erfassten Daten wurden anschließend verarbeitet und zu einer endgültigen Punktwolke in NavVis IVION zusammengefügt. NavVis IVION ist eine intuitive 3D-Plattform, die es allen Beteiligten ermöglicht, auf das resultierende 3D-Modell zuzugreifen und mit ihm zu interagieren, zum Beispiel in Form von virtuellen Messungen.

Zuerst noch klassisch aufgesetzt, entwickelte sich das Planungsprojekt unter der Leitung von ABP und dem BIM-Management-Partner Werner Fülöp (CEO von [www.4project.com](http://www.4project.com)) kontinuierlich weiter in Richtung digitale Planung und digitale Zwillinge. Als besonders nützlich hat sich der digitale Zwilling des Terminals für folgende Anwendungsfälle erwiesen:

- Prüfung von Rohbautoleranzen
- Überprüfung der tatsächlichen Anzahl, Größe und Position von Öffnungen und Durchbrüchen
- Nachvollziehen von bereits verlegten TA-Installationen

Die Durchführung obenstehender Arbeiten wurde von einem Projektpartner von 4project durchgeführt. Dort wurde der Modellchecker Revizto eingesetzt. Dort wurden sowohl die Rohbaumaße ermittelt als auch die Kollisionsprüfungen der Punktwolke des Rohbaus (aus NavVis / as-built) mit den BIM-Daten (Autodesk Revit / als-planned) durchgeführt.

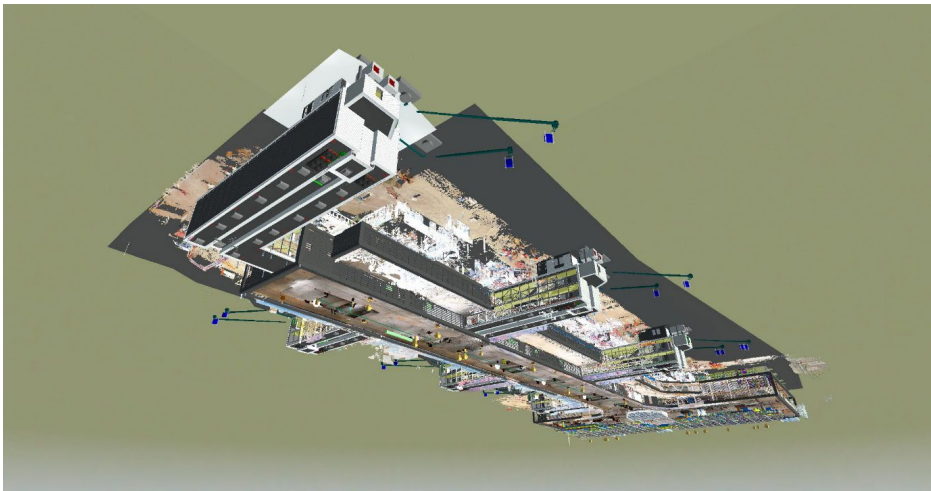
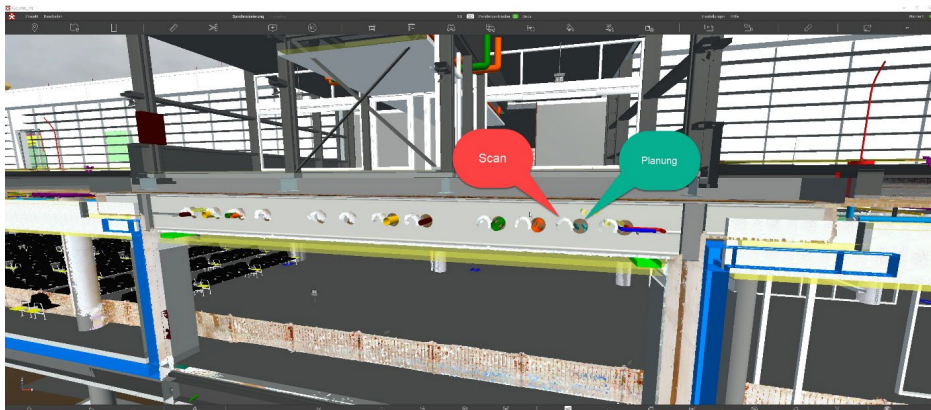


Abb. 3.1.15-2: Vergleich des Scans mit dem BIM-Modell des Terminals



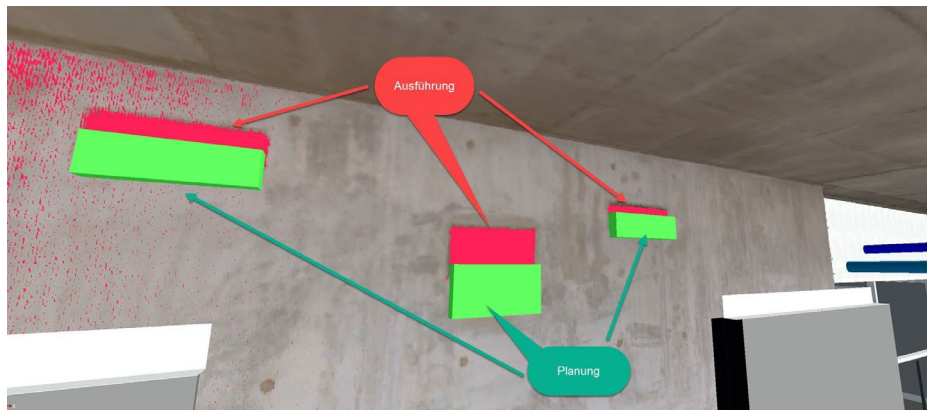


Abb. 3.1.15-3: Obige Fotos: Beispiele einer Abweichung zwischen Planung und Ist-Zustand der Baustelle

Die aus dem Abgleich des Ist-Zustandes mit dem Planungsmodell der Baustelle gewonnenen Erkenntnisse wurden dann in die Planungsdocumentation bzw. die Planungsmodelle von ABP überführt. Dadurch konnte, so Werner Fülöp von 4project, eine „single source of truth“ geschaffen werden, also eine zuverlässige, zentrale Quelle für sämtliche relevanten Informationen.

### Erfahrungen/Fazit

Die Erfahrungen, die man mit dem Einsatz mobiler Mappingtechnologien und der damit verbundenen Implementierung digitaler Zwillingsmodelle gemacht hat, waren positiv. Die Fragestellung nach der Einhaltung der Toleranzen des Rohbaus konnte geklärt werden. Das BIM-Modell der technischen Gebäudeausrüstung (as-planned) wurde an das Laserscanmodell des Rohbaus (as-built) angepasst und so konnten aufwendige Anpassungen der TGA auf der Baustelle vermieden werden.

In der Leistungsphase 8, also bei der Objekt- bzw. Bauüberwachung, wäre es sogar vorstellbar, digitale Zwillinge mit Augmented-Reality-Anwendungen zu verknüpfen und so das Spektrum an Möglichkeiten, das digitale Zwillingsmodelle bieten, weiter auszuschöpfen.

### Kontaktdaten

Wolfgang Haller, Leiter Datenmanagement und Geoinformation Flughafen München  
[wolfgang.haller@munich-airport.de](mailto:wolfgang.haller@munich-airport.de), Christian Rust, Leiter BIM & FM NavVis GmbH  
[christian.rust@navvis.com](mailto:christian.rust@navvis.com)

### 3.1.16 Datengrundlagen für eine BIM-konforme Entwurfsvermessung der Eisenbahnüberführung Lindwurmstraße in München +

*Beitrag von Erik Teichmann*

#### Aufgabenstellung

Die um ca. 1900 errichtete Eisenbahnüberführung Lindwurmstraße muss aufgrund ihres hohen Alters erneuert werden [Bahnausbau München 2024]. Die *INTERMETRIC* wurde dazu durch die *DEUTSCHE BAHN* mit der Erstellung eines BIM-Bestandsmodells als Planungs- und Koordinationsgrundlage beauftragt. Diese Vorgabe resultierte insbesondere aus der hohen Komplexität des zu planenden Bauwerks im innerstädtischen Kontext mit umliegender Bebauung, Stützbauwerken, Medienleitungen und drei unterirdisch im Bauwerksbereich liegenden U-Bahntunneln. Der Modellbereich wurde zu Projektstart in Abstimmung mit den Planungsbeteiligten vorgegeben und erstreckt sich über drei kreuzende Verkehrsebenen: Eisenbahn mit sechs Gleisen im Bereich ca. 100 m vor und hinter der Brücke, darunter Straßenebene mit fünf Fahrstreifen im Bereich bis zu den nächstgelegenen Kreuzungen (siehe Abbildung 3.1.16-2) und unterirdisch drei Tunnelröhren.

Natürlich müssen die Tunnelröhren während der Bauarbeiten unversehrt bleiben, auch in jenen Bereichen, die direkt unter den bestehenden und geplanten Widerlagern der Eisenbahnüberführung verlaufen. Planung, Abbruch und Neubau stellt das vor große Herausforderungen, die nur mit geometrisch exakter Datengrundlage gemeistert werden können.



Abb. 3.1.16-1: Blick auf Eisenbahnüberführung Lindwurmstraße

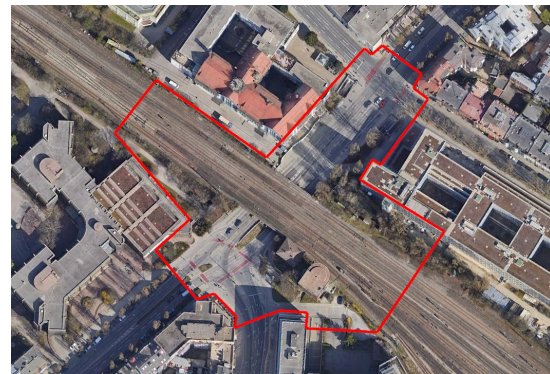


Abb. 3.1.16-2: Modellbereich [Kartenhintergrund: Google Earth]

#### Datengrundlagen für die Modellierung

Als Grundlage der Modellierung kann auf verschiedenste Datenquellen zurückgegriffen werden. Neben der kompletten Neuerfassung des Modellierungsbereichs stehen die folgenden vorliegenden oder verfügbaren Datenbestände im Projekt zur Verfügung:

- DB InfraGO Infrastrukturdaten: Punktwolken, Orthofotos, Trassierung, Ivl-Pläne<sup>24</sup>
- Geoportal Bayern: DGM1, Gebäudemodell LOD2, Katasterauszug
- Bestandsunterlagen: Ingenieurbau, Kabeltiefbau, Oberleitung, Leitungen Dritter
- Vermessungsergebnisse und Unterlagen aus Parallel- oder Altprojekten.

<sup>24</sup> Lageplanauszug aus *AVANI*, dem GIS der *DEUTSCHEN BAHN*

Die Verwendung von bereits vorhandenen Unterlagen ist selbstverständlich sehr komfortabel, weil zunächst weniger Neuvermessungen notwendig sind. Es ist jedoch zu prüfen, ob die Daten dem RAVE-Grundsatz genügen: Richtig, aktuell, vollständig, einheitlich.

Für die Neuerfassung im Feld kommen typische und etablierte Vermessungsverfahren zum Einsatz:

- Terrestrisches Laserscanning,
- Mobile Mapping,
- Tachymetrische Aufnahme.

Im Projekt wurde der Bereich der Eisenbahnüberführung in Gleis- und Straßenebene sowie die umliegenden Straßenbereiche per terrestrischem Laserscanner Leica RTC360 mit 63 Standpunkten erfasst. Die Röhren der U-Bahn-Tunnel wurden mit einem Gleismesswagen Leica SiTrack:One mit Inertialmesssystem und Laserscanner befahren. Die Scanfahrt wurde zunächst an das Festpunktfeld der Münchner U-Bahn, welches im System UTM32 vorliegt, angeschlossen. Mit Passpunkten in der Straßenebene wurde die Transformation ins PKS kontrolliert. Tachymetermessungen kamen für die Bestimmung der Laserscan-Passpunkte und Netzmessungen zum Einsatz.

### Datenaufbereitung und -bewertung

Daten aus unterschiedlichen Quellen liegen häufig nicht mit demselben Koordinatenbezug vor. Die Punktwolken der U-Bahnvermessung und die Daten aus dem Geoportal Bayern müssen von UTM32 in das Projektkoordinatensystem (PKS), hier DB\_REF2016<sup>25</sup>, transformiert werden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Dieser Übergang wurde mit der Software FME umgesetzt, da diese mit Punktwolken, Orthofotos, Katasterdaten und CityGML gleichermaßen umgehen kann. Zur Kontrolle dienen Passpunkte der U-Bahn in der Straßenebene.

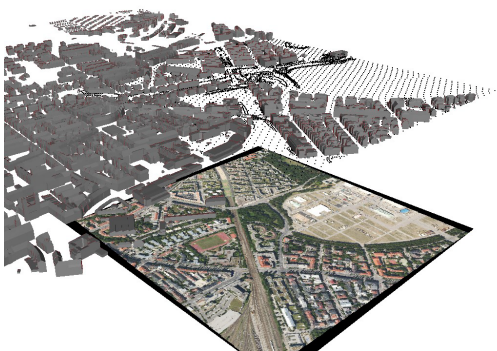


Abb. 3.1.16-3: Bestandsdaten des Geoportal Bayern nach Transformation ins PKS

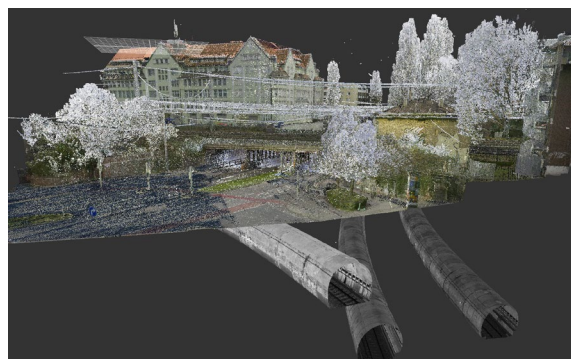


Abb. 3.1.16-4: Ausschnitt Punktwolke terrestrisches Laserscanning + U-Bahntunnel

Die Punktwolken des terrestrischen Laserscans wurden mit tachymetrisch im PKS bestimmten Passpunkten georeferenziert. Die Befliegungsdaten der DB InfraGO AG liegen bereits im PKS (DB\_REF2016) vor. Verschiedene Punktwolkenquellen können konvertiert und in einem einheitlichen Programmsystem, zum Beispiel *Autodesk RECAP*, dargestellt werden (Abbildung 3.1.16-4).

Die einheitlich im PKS vorliegenden Daten müssen nun hinsichtlich Geometrie, Widerspruchsfreiheit und Aktualität geprüft werden. Dies kann stichprobenartig beim Vergleich markanter Objekte oder flächenhaft mit der Software *CloudCompare* erfolgen. Neuerfasste Daten bilden selbstverständlich

<sup>25</sup> DEUTSCHE BAHN REFERENZNETZ mit Höhenbezug auf Quasigeoid GCG2016

die Referenz. Dabei können sich konstante Höhendifferenzen oder geänderte Geländeverläufe zeigen. Ist die geometrische Qualität der erhobenen Daten in Ordnung, kann für nicht aktuell erfasste Bereiche ein Abgleich in der Örtlichkeit erfolgen.

Der nun vorliegende Datenbestand ist Grundlage für die Modellierung. Für bestimmte Anwendungen gibt es Softwarelösungen, die die Modellierung übernehmen. Hierbei sind beispielsweise *City2BIM* (Umsetzung von CityGML oder DGM nach Revit) oder Planungssoftware wie *ProVI* oder *card\_1*, die anhand von Bestandstrassierung Gleise mit Schienen, Schwellen, Weichen und gleisbezogene Objekte erzeugen und nach IFC exportieren können, zu nennen. Für projektspezifische Bauteile bleibt dann die Modellierung entsprechend der bekannten Scan2BIM-Ansätze.

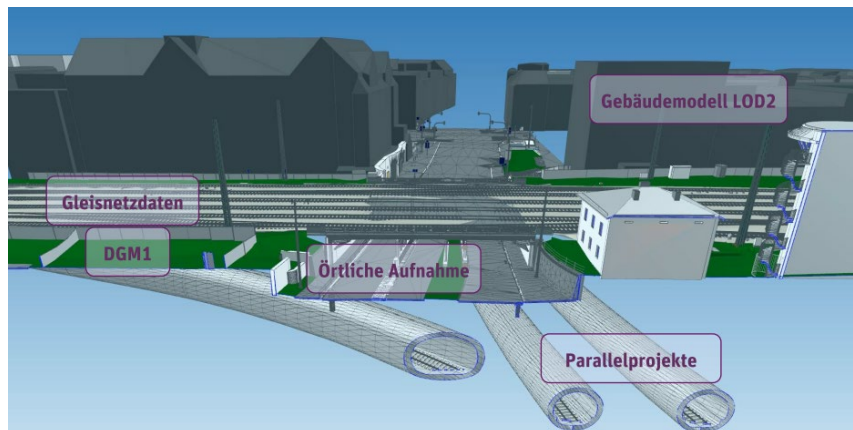


Abb. 3.1.16-5 BIM-Modell mit unterschiedlichen Datengrundlagen

### Erfahrungen/Fazit

Die Verwendung frei zugänglicher und vorhandener Geodaten bildet eine gute Basis für eine BIM-Entwurfsvermessung. Großflächig verfügbare Geodaten der Landesvermessungen bieten sich für das Verschaffen eines Überblicks zu Projektstart und Vorbereitung der Außendienstarbeiten an. Gerade das Gebäudemodell und das DGM bilden in Außenbereichen des Grundlagenmodells eine gute Datengrundlage.

Höher aufgelöste Daten, wie von der DB InfraGO AG in Auftrag gegebene Befliegungsdaten, können nach Kontrolle auf geometrische Qualität und Aktualität, zumindest für Bereiche, die in LOG100 modelliert werden sollen, eine Grundlage für Modellierungen bilden. Für Modellbereiche, in denen LOG200 oder größer gefordert ist, ist ein hochauflösender Laserscan unabdingbar.

Insgesamt lohnt das Beschaffen unterschiedlichster Fremddaten in Hinblick auf die Zeit, die für die Neuaufnahme benötigt wird. Auch die Zeiten, die Mitarbeiter im Gefahrenbereich von Gleisen oder Straßenbereichen verbringen müssen, können so reduziert werden. Mit Blick auf die sich immer schwieriger gestaltenden Sicherungsformen bei Arbeiten im Gleis, ist die Reduktion der im Gleis benötigten Zeiten für die Messung jedenfalls ein Vorteil.

### Quellenverzeichnis

[Bahnausbau München 2024] URL <https://www.bahnausbau-muenchen.de/newsticker/ein-muenchner-jahrhundertbauwerk-die-erneuerung-der-eisenbahneueberfuehrung-lindwurmstrasse.html> - Zugriffsdatum 16.06.2024

[DB Presse 2024] URL <https://www.deutschebahn.com/de/presse/presse-regional/pr-muenchen-de/aktuell/presseinformationen/DB-erneuert-Eisenbahnbruecke-an-der-Lindwurmstrasse-12725182> - Zugriffsdatum 16.06.2024

### 3.1.17 BIM- gerechte Erfassung eines Schlosses aus dem 19. Jahrhundert in Praxis und Ausbildung +

*Beitrag von Ulrich Stenz, Torsten Genz und Uwe Krause*

#### **Zielsetzung**

Im Zuge der Umnutzung eines Schlosses, hin zu einem Museum, bestand das Erfordernis zur Erstellung eines Brandschutzkonzeptes für die neue Nutzung. Ein Bestandteil dieses Konzeptes war die Anfertigung neuer Pläne für das gesamte Schloss. Vom Auftraggeber (AG) gefordert waren hier:

- Grundrisspläne für alle Etagen (Keller, vier Etagen, Dachboden)
- ein Gebäudelängsschnitt,
- ein Gebäudequerschnitt,
- Fassadenansichten aus allen vier Himmelsrichtungen,
- ein IFC- Modell des Schlosses sowie
- ein Lageplan des Geländes im Umkreis von 20 Metern um das Schloss.

Gleichzeitig bieten sich solche Musterprojekte immer wieder an diese in der Ausbildung und Lehre auf verschiedensten Ebenen zu beleuchten. Zunächst seien jedoch kurz die wesentlichen Parameter dieses Projektes beschrieben.

#### **Multisensorische Umsetzung**

Die messtechnische Erfassung zur Erhebung der notwendigen Geodaten erfolgte an zwei Tagen unter Kombination verschiedener Messsysteme durch zwei Mitarbeiter und einen Auszubildenden. Für die Erstellung des IFC- Modells wurde der Innen- und Außenbereich des Schlosses mit terrestrischem Laserscanning (TLS) von 504 Standpunkten aus erfasst. Hierbei kam ein Leica RTC 360 zum Einsatz. Zusätzlich wurde die Fassade des Schlosses photogrammetrisch mit digitalen Spiegelreflexkameras aufgenommen. Zur Modellierung und Darstellung der Dächer und Türme sowie zur Erstellung eines digitalen Orthofotos erfolgte eine Befliegung mit einem „Unmanned Aircraft System“ (UAS) des Typs DJI Phantom 4. Mittels GNSS und SAPOS®- RTK wurden zuvor vermarkte Passpunkte zur Georeferenzierung der Laserscans und der photogrammetrischen Punktwolke bestimmt. Für die Anfertigung des Lageplans wurden ausgewählte diskrete Punkte ebenfalls mit GNSS RTK erfasst. Zu Dokumentationszwecken wurde vom Außenbereich und jedem Raum innerhalb des Schlosses 533 Panoramafotos mit einer Insta 360 Pro2 aufgenommen.

Aus diesen Fotos wurde eine Panoramatour durch das gesamte Schloss sowie das Außengelände des Schlosses erstellt. Die Datenerfassung umfasste dabei zwei Messtage mit drei Personen. Die einzelnen Erfassungsschritte waren dabei:

- TLS,
- Panoramafotos zur Erstellung der Panoramatour,
- photogrammetrische Erfassung der Fassade,
- Luftbilder mit UAS und  
Festpunkte und Lageplan.

#### **Ergebnisse im Überblick**

Die Auswertung der Daten umfasste folgende Arbeitsschritte:

- Auslesen der GNSS- Daten und Erstellen einer Koordinatenliste
- Registrieren und Georeferenzieren der Scans aus TLS mit Leica Cyclone 360®
- Export der Scans im Format e57 und Erstellen eines Autodesk ReCap Projektes
- Auswerten der Befliegung und der terrestrischen Photogrammetrie mit Reality Capture



- Export der photogrammetrischen Daten als dichte Punktwolke (e57) und DOP als TIFF (Abbildung 3.1.17-1)



Abb. 3.1.17-1: Punktwolke (links) und DOP (rechts) aus UAS- Daten

- Fusion der Punktwolken aus TLS und UAS
- Erstellen des 3D- Modells aus der ReCap-Punktwolke mit Autodesk Revit (Abbildung 3.1.17-2)

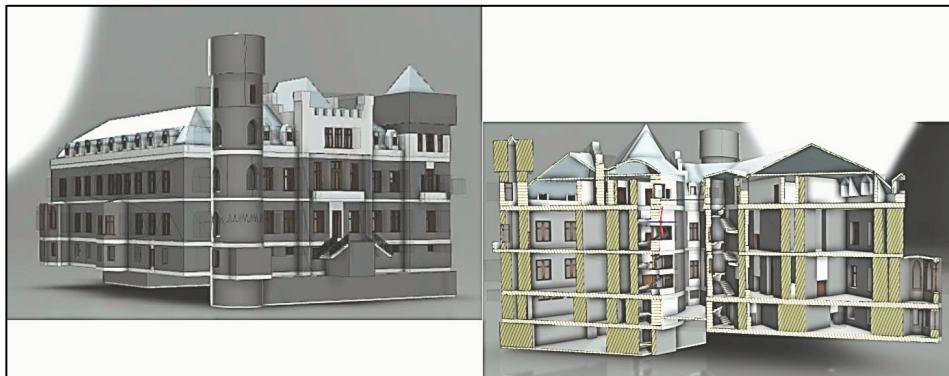


Abb. 3.1.17-2: IFC- Modell des Schlosses (links) und Schnitt durch das Modell (rechts)

- Erstellen und Aufbereiten der Grundrisse, Schnitte und Ansichten aus dem IFC- Modell

### **BIM in der Ausbildung**

Die dargestellten Arbeitsschritte aus praktischen Projekten werden auch im Rahmen der Ausbildung an der Geobusters Akademie im Zuge der Aus- und Weiterbildung für Vermessungstechniker und Geomatiker in den Unterricht integriert.

Dies betrifft die Darstellung des BIM-Lebenszyklus auf Akteursebene ebenso wie auch die vermessungstechnisch Ebenen und Prozesse wie Scan2BIM und andere bis hin zur Ebene des fachgerechten Einsatzes Sensorik.



Abb. 3.1.17-3: Akademiegebäude aus terrestrischer und UAS- Photogrammetrie

Hier sind sowohl Laserscanning als auch Photogrammetrie in praktischen Projekten (Abbildung 3.1.17-3), sowie der komplette Auswerteworkflow der hierbei gewonnenen Messdaten mit Reality Capture und REVIT Teil des Ausbildungsplanes in der geodätischen Grundausbildung für Vermessungstechniker und Geomatiker. Die Ausprägung ist hierbei für beide Fachrichtungen ähnlich. Vertiefungen werden dann für die jeweilige Fachrichtung durchgeführt, wenn es etwa in die Richtung Sensorik (VT) oder Geodatenmanagement (GEO) geht und so sowohl die Unterschiede in den Ausbildungsrichtungen hervortreten ebenso wie deren Zusammenarbeit im Bedarfsfall. So können bereits in der Berufsausbildung wesentliche Kompetenzen organisatorischer und prozesstechnischer Art erprobt werden, um z.B. im Praxisfall eine qualitätsgerechte und effiziente Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren im BIM Workflow zu üben. So z.B. im einfachsten Fall zwischen Außen- und Innendienst.

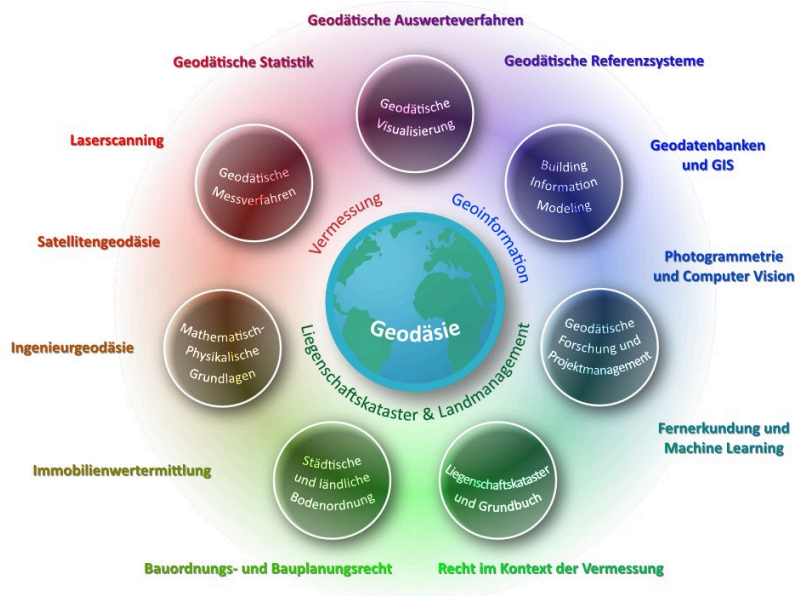


Abb. 3.1.17-4 Ganzheitliches Kompetenzmodell für die geodätische Grundausbildung

Letztlich bieten gerade solche Projekte den interdisziplinären und projektorientierten Ansatz, welcher auch in der Lehre an den Hochschulen weiterverfolgt werden kann, um sowohl auf organisatorischer wie auch fachlicher Ebene noch tiefer in Themen wie z.B. Digitaler Zwilling und Einsatz von KI einzusteigen.

### 3.1.18 Schloss Rochsburg: Gebaut in 800 Jahren, vermessen in drei Wochen + *Beitrag von Oliver Wuttke, Veit Streicher*

#### **Problemstellung/Ziel**

Schloss Rochsburg erhebt sich imposant über Lunzenau in Sachsen, Deutschland. Um das Museumsgebäude des Renaissance-Schlusses zu erweitern und gleichzeitig denkmalgerecht zu sanieren, war eine digitale Dokumentation notwendig.

Eine Fahrt durch deutsche Vorstädte und Dörfer zeigt, dass trotz strenger Vorschriften, DIN-Richtlinien und Baugesetze, die Gebäudevielfalt deutlich sichtbar ist. Überall im Land verändern An- und Umbauten sowie hastig errichtete Terrassen und Wintergärten die ursprüngliche Bausubstanz.

Je älter ein Gebäude ist, desto umfangreicher sind die baulichen Eingriffe durch nachfolgende Generationen. Dies veranschaulicht die Komplexität der baulichen Maßnahmen, die erforderlich sind, um ein Schloss mit über 800 Jahren Geschichte zu schützen. Schloss Rochsburg in Lunzenau, Mittelsachsen, hat die Einflüsse zahlreicher Epochen durchlebt, in denen viele Besitzer und Baustile kamen und gingen.

Obwohl der mittelalterliche Grundriss der Hauptburg, der Vorburg und des Zwingers heute noch gut erkennbar ist, stammt das gegenwärtige Erscheinungsbild aus der Spätgotik ab 1470 und der Renaissance ab 1548.

Seit der ersten urkundlichen Erwähnung des „Castrum Burggravii Rochsburg“ wurde das Gebäude mehrfach umgebaut, erweitert und modifiziert. Das jüngste Bauvorhaben ist jedoch das erste, das eine umfassende Vermessung der Burg erfordert. Der Landkreis Mittelsachsen, als Eigentümer, plant weitere Sanierungsmaßnahmen und eine Erweiterung der Ausstellungsfläche.



Abb. 3.1.18-3: Punktwolke

## Durchführung

Eine manuelle Vermessung des komplexen Gebäudeensembles wäre eine immense Herausforderung gewesen. Bereits in den 1990er Jahren wurden Handzeichnungen von Grundrissen, Schnitten und Ansichten des Schlosses angefertigt. Diese Pläne waren jedoch für die anstehende Museumserweiterung und Sanierung des Schlosses ungeeignet. Um die Burg in ihrer ganzen Komplexität zu verstehen und auf dieser Basis neu zu planen, war modernste Vermessungstechnologie erforderlich.

Um die mehr als 130 Räume auf sieben bis acht Geschossen inklusive Zwischenebenen effizient und zügig zu erfassen, bedurfte es eines dynamischen Ansatzes. Die Gebäudestruktur ist weit entfernt von standardisierten Maßen: Kaum ein Raum hat rechte Winkel, die Wandstärken variieren, Decken haben Versprünge und es gibt nur selten lotrechte Wände. Die Wahl fiel daher auf den NavVis VLX, einen tragbaren, mobilen Laserscanner, der für den Einsatz in schwierigen, engen oder unebenen Umgebungen entwickelt wurde und freihändigen Zugang ermöglicht.

Innerhalb von drei Wochen wurde die Burg von einem Mitarbeiter gescannt. Die Vermessung erfolgte, ohne den laufenden Museumsbetrieb zu stören. Die Scans in den öffentlich zugänglichen Bereichen wurden an wöchentlichen Ruhetagen durchgeführt.

Auf Grund der Größe und der anspruchsvollen Geometrie des Objektes sowie um den Genauigkeitsanforderungen gerecht zu werden, wurde zunächst ein Netz von Referenzpunkten erstellt und tachymetrisch bestimmt. Dies diente als Grundlage zur automatischen Registrierung und Qualitätskontrolle für alle nachfolgenden Aufnahmedaten.

Nach der Aufnahme wurde die Punktwolke an das Landratsamt Mittelsachsen übergeben. Das Besondere dabei ist, dass die Nutzer keine spezielle Software benötigen, um die fotorealistische Ansicht als Grundlage für erste Planungen zu betrachten und einfache Messungen durchzuführen. Die Planer konnten die Daten unmittelbar nach der Übergabe über die browserbasierte Software NavVis IVION als Basis für erste Planungsideen und Entwürfe nutzen. Das Landratsamt Mittelsachsen war von der Qualität der Darstellung überzeugt.

Die Aufgabe bestand nun darin, ein Baukonzept für die bevorstehenden Arbeiten zu erstellen. Das aus der Punktwolke abgeleitete 3D-Modell unter Einsatz von Autodesk Revit bildet die geometrische Genauigkeit der Burg exakt ab und ist das zentrale Element für den umfassenden Umbau. Die geplanten Arbeiten umfassen beispielsweise auch die Haustechnik.



Abb. 3.1.18-4: 3D-Modell

Über das 3D-Modell haben nun alle Projektbeteiligten Zugriff auf den aktuellen Stand – vom Architekten über die Fachplanung der Haustechnik bis hin zum Prüfingenieur. Das 3D-Modell wird kontinuierlich aktualisiert und dient als Planungsgrundlage für sämtliche Gewerke.

### **Erfahrungen/Fazit**

Um eine zuverlässige Planungsgrundlage für die Erweiterung des Museums und die denkmalgerechte Sanierung der Innenräume von Schloss Rochsburg zu schaffen, wurde in der etwa 800 Jahre alten Schlossanlage ein Netz von geodätischen Referenzpunkten vermarktet, tachymetrisch bestimmt und anschließend das Objekt mit einem tragbaren SLAM-basierten mobilen Laserscanner dreidimensional erfasst.

Neben der vom Hersteller angegebenen lokalen Genauigkeit von 6 mm sind auch Aussagen zur globalen Genauigkeit für das Gesamtprojekt zu treffen. Dazu wurden die o.g. Vermessungspunkte einerseits für die Registrierung und Optimierung der Trajektorie, andererseits zur Bestimmung der Restfehler verwendet. Mit der gewählten Dichte der Referenzpunkte und einer ganzheitlichen Fehlerbetrachtung kann man von einer Lagegenauigkeit der Raumpunkte in der Ergebnispunktwolke von  $\pm 1\text{cm}$  ausgehen. Auf dieser Datengrundlage wurde ein 3D-Modell erstellt und davon 2D-Schnitte und -Grundrisse abgeleitet.

Wirtschaftlich gesehen war die Modellierung des komplexen Gebäudeensembles nur durch das Scannen der Innenräume mit dem NavVis VLX, einem mobilen Laserscanner der neuesten Generation, realisierbar. Die Projektdauer betrug von Beginn der Vermessungsarbeiten bis zur 3D-Modellierung und Übergabe abgeleiteter 2D-Grundrisse weniger als 4 Monate.



Abb. 3.1.18-5: Visualisierung des 3D-Modells

### **Wuttke Ingenieure**

Als familiengeführtes Unternehmen mit über 30 Jahren Erfahrung sind wir, die Wuttke Ingenieure, Experten für die Verarbeitung von raumbezogenen Daten. Deutschlandweit setzen wir auf ein Team von mehr als 75 Mitarbeitern, die jährlich an mehr als 100 Projekten arbeiten. Unsere Leistungen umfassen Ingenieur- und Industrievermessung, Bahnvermessung und Digitale Raumdaten sowie Building Information Modeling. Mit hochmodernen Geräten und qualifizierten Fachkräften begleiten wir unsere Kunden bei ihren Projekten von der Konzeption über die Planung bis hin zur Bauausführung und Bewirtschaftung.

#### **Kontaktdaten des Autors:**

Oliver Wuttke [oliver.wuttke@wuttke-ingenieure.de](mailto:oliver.wuttke@wuttke-ingenieure.de)

Veit Streicher [veit.streicher@navvis.com](mailto:veit.streicher@navvis.com) [www.navvis.com](http://www.navvis.com)

### 3.1.19 3D Scanning mit dem Smartphone für Poliere, Abrechner und Bauleiter + *Beitrag von Dirk Werner & Anton Schlei*

#### **Problemstellung**

Im Rahmen des Ausbaus des Fernwärmenetzes im Landkreis Starnberg bei München wurde das Ingenieurbüro Werner & Schlei Ingenieure GmbH beauftragt, das ausführende Tiefbauunternehmen bei der Optimierung ihrer Aufmaß- und Dokumentationsprozesse zu unterstützen. Ziel war es, die Kolonnen vor Ort zu befähigen, eigenständig präzise Aufmaße sowie die Netzdokumentation zu erstellen und die nachgelagerten Prozesse im technischen Innendienst zu digitalisieren. Ein neuer Prozess sollte entwickelt werden, der den Zeitaufwand reduziert und die Qualität im Vergleich zu den händischen Aufmaß- und Dokumentationsmethoden erheblich verbessert.

Zusätzlich sollten weitere Anforderungen und Mehrwerte erreicht werden, darunter:

- Die Entlastung der Vermessungsabteilung
- Die Erstellung einer georeferenzierten Netzdokumentation (GIS-konform und im Lagebezugssystem ETRS89/UTM Zone 32N)
- Die Aufmaßerstellung während der Bauausführung am offenen Graben

Im Rahmen dieses Projekts sollte Werner & Schlei Ingenieure ein geeignetes und benutzerfreundliches Vermessungswerkzeug bereitstellen und das Personal umfassend schulen. Die Schulungen fanden sowohl auf den Baustellen als auch im technischen Innendienst statt.

#### **Lösungsweg**

Um die Anforderungen zu konkretisieren, wurden gemeinsam mit dem Baustellenteam und dem Innendienst der vollständige Prozess von der Ausführungsplanung bis zur Abnahme erfasst und analysiert. Dabei wurden der Ist-Prozess, der zeitliche Aufwand, die Lieferleistungen gegenüber dem Auftraggeber und die internen Datenübergaben zwischen den Fachabteilungen (z.B. die Übergabe der Aufmaßblätter durch den Polier an die Bauleitung für die Abrechnung) betrachtet.

Zur Erfüllung der Anforderungen des Tiefbauunternehmens entschied man sich für eine Lösung aus GPS/GNSS-Empfänger, Smartphone-Vermessungsapp und einer Aufmaß- und Dokumentationssoftware in der Cloud zur Auswertung der Messdaten. Der Vermessungs- und Dokumentationsprozess gliedert sich in drei wesentliche Teilschritte:

1. Vermessung vor Ort durch das Baustellenteam mittels Smartphones
2. Automatisierte fotogrammetrische Verarbeitung der Messdaten in der Cloud
3. Aufmaß- und Dokumentationserstellung durch das Projektteam in der Cloud

Die Smartphone-Vermessungsapp bietet drei Hauptfunktionen: Einzelpunktmessung, Absteckung von Punkten/Linien und 3D-Scanning mittels Fotogrammetrie. Die Positionsbestimmung erfolgt über einen hochpräzisen Multi-Band GNSS-Empfänger, der seine Daten via Bluetooth an das Smartphone übermittelt. Aufgrund der einfachen Bedienung wurde primär mit der 3D-Scanning-Funktion gearbeitet.

Nach Auslieferung der GNSS-Empfänger und Softwarelizenzen wurde eine halbtägige Schulung des Baustellenteams und des technischen Innendienstes durchgeführt. Während der Projektausführung erhielt das Unternehmen beratende Unterstützung.

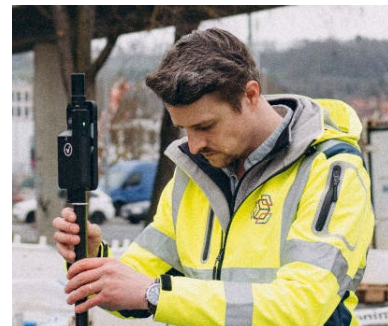


Abb. 3.1.19-1: GNSS-Vermessung mit dem Smartphone

Folgende Teilprozesse wurden im Laufe des Projekts mit der Vermessungslösung durchgeführt:



### Funktionsweise des 3D-Scanning

Mit dem Smartphone werden überlappende Fotos der Baustelle aufgenommen, während der GNSS-Empfänger über Ntrip (HEPS von SAPOS) die genauen Positionen bestimmt. Die Fotos und Positionsdaten werden in der Cloud verarbeitet, um eine dreidimensionale Punktwolke zu erstellen, die die Ist-Situation der Baustelle mit einer Genauigkeit von  $<3$  cm darstellt. Fotogrammetrie dient dabei als Auswertungsverfahren. Während des Messvorgangs erhält der Nutzer ein visuelles Feedback, was die Erstellung von Aufmaßen und Dokumentationen ohne geodätische Vorkenntnisse ermöglicht.

### Beweissicherung vor Ausführungsbeginn

Vor jeder Bauausführung wird eine Beweissicherung des Bestandes mittels 3D-Scanning erstellt. Nach der Verarbeitung in der Cloud steht dem Projektteam eine detaillierte Bestandserfassung in Form von Punktwolken und Bildern zur Verfügung.

Abb. 3.1.19-2: 3D-Scanning

### Tagesaktuelle Leistungsdokumentation und Aufmaßerstellung

Zur vollständigen Dokumentation und prüfbaren Nachweisführung werden täglich mehrere Aufmaße erstellt. Die Messvorgänge dauern im Schnitt 5 Minuten und werden am Ende des Tages in die Cloud hochgeladen, damit der technische Innendienst die Dokumentation- und Aufmaßerstellung am nächsten Tag durchführen kann.



Abb. 3.1.19-3: Messergebnisse des 3D-Scannings in der Cloud

Aus den Daten der Baustellen kann der Bauleiter im Innendienst den Baufortschritt nachvollziehen, Bautagesberichte und Fotodokumentationen erstellen und die Mengenermittlung für die Abrechnung durchführen.

### Mengenermittlung und Abrechnung

Die Cloud-Software verfügt über Werkzeuge zur Ermittlung von Abmessungen und Mengen (Stück, Strecke, Fläche, Volumen). Die ermittelten Mengen können als .csv, .dxf oder .pdf exportiert werden. Um die Abrechnungsvorgaben des Auftraggebers zu erfüllen und die Daten im AVA-Programm (iTWO) des Tiefbauunternehmens zusammenzuführen, wurden die Aufmaße per .csv übergeben.

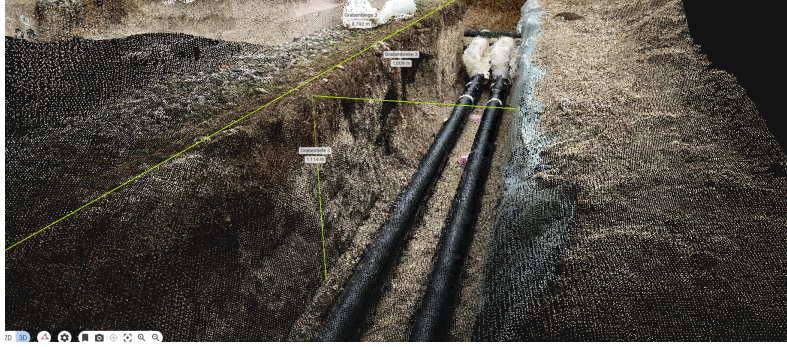


Abb. 3.1.19-4: Ermittlung von Grabenbreite, -tiefe und -länge für die Abrechnung

### Planerstellung und Netzdokumentation

Einzelpunkte, Strecken und Flächen können erfasst und als .dxf im Projektreferenzkoordinatensystem exportiert werden, wodurch der bisherige Prozess zur Planerstellung fortgeführt werden kann. Zuvor ermittelten Vermesser die Daten mittels GNSS-Rover. Nun erstellen die Baukolonnen die Messungen, der Bauleiter extrahiert die Geometrien und übergibt sie an die Vermessungsabteilung zur Planerstellung.

Ein detaillierter 3D-Scan ermöglicht die Ableitung von:

- Haupt- und Nebenleitungen
- Trassenverlauf
- Rohrdimensionen, Materialien und Einbauteile
- Anschlussdetails, Knotenpunkte und Übergabepunkte
- Schweißnähte, Bestandsbauwerke, etc.

Da die Daten im Referenzkoordinatensystem mit ausreichenden Lage- und Höhengenaugigkeit vorliegen, kann eine vollständige Netzdokumentation erstellt und GIS-konform an den Auftraggeber übermittelt werden abgeleitet werden.

### Erfahrungen

Die Ausstattung der Baustellen mit der Vermessungslösung führte zu einer erheblichen Reduzierung des Zeitaufwands für die Aufmaß- und Dokumentationserstellung. Durch die Nutzung des GNSS-Empfängers konnten Vermessungsdaten mit einer nach ZTV ausreichenden Genauigkeit erzeugt werden, was zu einer wesentlichen Entlastung der Vermessungsabteilung des Unternehmens beitrug. Die größte Herausforderung bestand weiterhin in der manuellen Erstellung der Abrechnungspläne für den Auftraggeber. Werner & Schlei Ingenieure unterstützten zeitweise bei der Planerstellung. Unternehmen ohne technischen Innendienst, die Abrechnungspläne erstellen müssen, können diese Leistung an externe Dienstleister vergeben, die Vermessungsarbeiten eigenständig erstellen und als Datengrundlage zur Planerstellung übermitteln.



## Werner & Schlei Ingenieure GmbH

Ingenieurbüro für digitales Planen & Bauen – 3D-Vermessung, BIM  
und Beratung für digitale Bauprozesse

Werner & Schlei Ingenieure ist Ihr bundesweiter Partner für innovative Ingenieurdienstleistungen. Wir kombinieren modernste Technologien mit bewährter Praxis für Ihre Herausforderungen in Bauprojekten. Unsere Leistungen umfassen die 3D-Vermessung mittels Smartphones, Drohnen und Laserscanning, die digitale Planung und Bauausführung mit der BIM-Methodik und die Beratung zur Digitalisierung von Bauprozessen.

Zu unseren Kunden zählen Bauunternehmen, Ingenieurgesellschaften, Bauherren und die öffentliche Hand. Von großen Konzernen bis hin zu kleinen Handwerksbetrieben arbeiten wir partnerschaftlich zusammen.



Besuchen Sie uns!



### 3.1.20 Bestandserfassung historischer Bauwerke mithilfe digitaler Methoden + *Beitrag von Jonathan Wolf und Robert Kaden*

#### **Problemstellung/Ziel**

Im historischen Bestand fehlen oft Baupläne, da viele Gebäude ohne solche Pläne errichtet wurden. Dennoch sind für größere Rekonstruktionsmaßnahmen Pläne erforderlich. Am Beispiel des Schlosses Wespenstein in Gräfenthal (Thüringen) sollen Methoden untersucht werden, die mithilfe digitaler Technologien die Erstellung eines Bestandsmodells ermöglichen. Das Schloss besitzt einen älteren Teil aus dem 15. Jahrhundert, der seit einem Brand im Jahr 1672 ruiniert ist. Ziel dieser Arbeit ist es, ein bauteilorientiertes Bestandsmodell zu erstellen, das für Rekonstruktionszwecke verwendet werden kann.

Ein zentrales Problem im historischen Bestand ist, dass Wände oft weder eben noch gleichmäßig sind. Diese Unebenheiten erschweren die Modellierung, da die Wände nicht als Sweep-Objekte dargestellt werden können, da diese eine gleichmäßige und einfache Geometrie erfordern. Stattdessen müssen die Wände als BREP-Objekte (Boundary Representation) modelliert werden, welche komplexe und unregelmäßige Oberflächen beschreiben können. Es wird daher ein Lösungsweg gesucht, um aus einer ungeordneten Punktwolke Bauteile zu erstellen, die die Oberflächenstruktur ausreichend genau nachbilden. Das Ziel ist es, eine Methode zu entwickeln, die diesen Prozess automatisiert und somit eine effiziente und genaue Rekonstruktion ermöglicht.



Abb. 3.1.20-6: Das Untersuchungsobjekt

#### **Durchführung/Lösungsweg**

In der Untersuchung sollen die Vor- und Nachteile zwischen zwei Lösungsansätzen untersucht werden. Als mögliche Methoden werden die folgenden untersucht:

**Vermaschung von Punktwolken:** Bei dieser Methode werden die Punktwolken direkt zu einem Netz (Mesh) verarbeitet. Ziel ist es, aus dem Netz ein geschlossenes und detailliertes Modell zu erstellen, das präzise die Geometrie des historischen Bestands widerspiegelt. Dazu werden zwei Methoden angewendet. Einerseits der Ball-Pivoting-Algorithmus und andererseits die Poisson-

Surface-Reconstruction. Während der Durchführung zeigte sich jedoch, dass beide Methoden das Problem besitzen, dass Löcher im Netz vorhanden sind. Durch verschiedene Optimierungen kann die Größe und Anzahl der Löcher verringert werden. Jedoch kann das erzeugte Netz nicht als Grundlage für Bauteile dienen. Deswegen wurde diese Methode verworfen.

**Nachbildung der Punktwolke durch geometrische Formen:** Bei der Nachbildung der Punktwolke durch geometrische Formen werden einfache und regelmäßige Formen verwendet, um die Punktwolke nachzubilden. Diese Methode basiert auf einer Dissertation von Ruwen Schnabel und ist als Plugin in das Programm CloudCompare eingebunden. Bauteile, die als BREP-Objekte dargestellt werden, basieren auf Ebenen, die die Begrenzungsflächen bilden. Bei dieser Methode sollen die Ebenen angezeigt und ausgewählt werden können, um daraus ein Bauteil zu erstellen. Dies wird mit einem Python-Skript für CloudCompare realisiert. Die exemplarische Umsetzung eines Raums ist in der Abbildung 3.1.20-2 zu sehen. Diese Abbildung zeigt, dass mit dieser Methode auch komplexere und unregelmäßige Bauteile erstellt und diesen dann auch IFC-Parameter zugeordnet werden können. Da durch die Nachbildung der Bestand nur vereinfacht dargestellt wird, ist eine Überprüfung der Abweichungen notwendig. Dazu wird der Abstand der vorliegenden Punktwolke zu dem erstellten Modell berechnet. In der Abbildung 3.1.20-3 sind die Abstände der einzelnen Punkte farbig dargestellt. Aus dieser Darstellung lassen sich zwei wesentliche Punkte erkennen. Einerseits sind Möbel und Gegenstände im Raum nicht abgebildet, da sie nicht Teil der Bausubstanz sind. Andererseits bildet das Modell die Bausubstanz in sehr großen Teilen mit einer Genauigkeit von  $\pm 2$  cm nach. Details und Unregelmäßigkeiten in den Wänden weisen größere Abstände auf, sind jedoch für die Erstellung eines Bestandsmodells irrelevant.

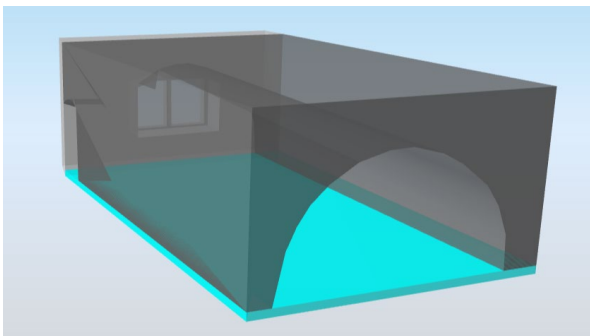


Abb. 3.1.20-7: Bauteile eines Raums

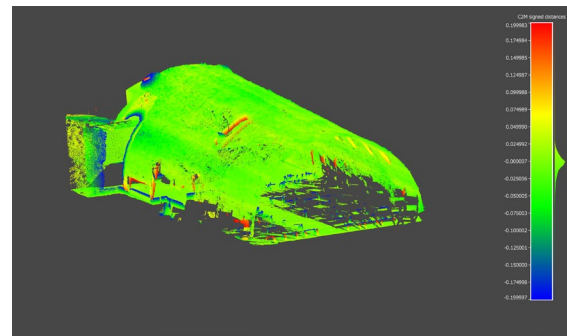


Abb. 3.1.20-8: Abstand Modell zu Punktwolke

### Erfahrungen/Fazit

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Nachbildung der Punktwolke durch geometrische Formen die bessere Methode darstellt und eingesetzt werden kann, um die Grundlage für Rekonstruktionsmaßnahmen zu bilden. Diese Methode ermöglicht es, komplexe und unregelmäßige Bauteile präzise nachzubilden und bietet somit eine Basis für Planungs- und Rekonstruktionsprojekte. Allerdings hat sich bei der Bearbeitung auch gezeigt, dass eine vollständig automatisierte Umwandlung deutlich komplexer ist und den Umfang dieser Arbeit übersteigt. Für eine sinnvoll nutzbare Anwendung im historischen Bestand ist eine weitergehende Automatisierung notwendig. Diese Arbeit soll als Anstoß dienen und kann in weiteren Untersuchungen und Projekten gerne weiterentwickelt werden.

### Literatur

Schnabel, R. (2010): Efficient Point-Cloud Processing with Primitive Shapes. - Bonn, 2010. - Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.  
 Online-Ausgabe in bonndoc: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5N-23194>

### 3.1.21 Sanierung eines Schulkomplexes in Mönchengladbach: Erfassung und Modellierung eines Bestandsmodells aus Sicht des Planungsbüros + *Beitrag von Christopher Smolka*

#### **Problemstellung/Ziel**

Ein Auftrag der Stadt Mönchengladbach stellte die KEMPEN KRAUS INGENIEURE GMBH [KKI] vor die Aufgabe, eine Brandschutzsanierung und die Sanierung schadhafter Bausubstanz für einen Schulkomplex mit einer Bruttogrundfläche von ca. 17.000 m<sup>2</sup> und insgesamt 10 Gebäudeteilen zu planen.

Als Ingenieurbüro, das konsequent auf die Bearbeitung von Projekten anhand eines zentralen BIM-Datenmodells setzt, war von Beginn an klar, dass zunächst die Digitalisierung der IST-Informationen in ein solches Modell erfolgen muss. KKI verwendet dabei als Autorensoftware AUTODESK REVIT inklusive der angeschlossenen Produkte der AEC-Suite. Die folgenden Rahmenbedingungen sind für den Prozess maßgeblich:

- Vollständige Aufnahme mit angemessener Genauigkeit
- Erfassung eines größeren Gebäudekomplexes mit zusammenhängender Datenqualität
- Erfassung sowohl der Gebäudehülle als auch der Innenbauteile inkl. Aufbauten
- Niedrigschwelliger Zugriff auf die Daten für alle Projektbeteiligten
- Erstellung eines BIM-terminologisch korrekten Bestandsmodells
- Nutzbarkeit des Revit-Modells in den weiteren Bearbeitungsphasen gemäß den firmenspezifischen Modellierungsstandards



Abb. 3.1.21-9: Punktwolke des Gebäudekomplexes inkl. Randbebauung aus der Drohnenaufnahme, Quelle: KKI

#### **Durchführung/Lösungsweg**

Mit Blick auf die vorliegende Projektaufgabe stellt die Erfassung nur den ersten Schritt der Gesamtaufgabenstellung dar. Die Durchführung kann in zwei wesentliche Teilprozesse unterteilt werden: Zunächst erfolgt die Datenerfassung, gefolgt von der Modellerstellung.

Es ist unerlässlich, dass bei der Modellerstellung auch die softwaretechnische Vorbereitung auf die erweiterte Ausdetaillierung im weiteren Planungsprozesse getroffen wird. Dies beginnt mit der Wahl der firmenspezifischen „Vorlagendatei“, um simple Ansprüche, wie datenbasierte Beschriftung der Planableitungen ohne weitere (zeitintensiven) Anpassungen vornehmen zu können und endet bei

den Ansprüchen an die Datenlieferung für angeschlossene Prozesse. Dies sind z.B. die Kostenermittlung und die spätere Übergabe in die Software zur Ausschreibung. Hierzu ist ein festes Datenschema vorgeben. Es stand daher von Beginn an fest, dass die Modellierung durch eigene Fachkräfte in-house erfolgen muss.

Die Vermessung erfolgte mit einer Kombination aus dem hauseigenen mobilen Laserscanner NAVVIS VLX 2 für die Innenräume, sowie den vom Boden erfassbaren Fassadenanteilen und einer Drohne DJI MAVIC 3E mit RTK-Modul für die photogrammetrische Vermessung der Dachflächen, Fassaden und Außenanlagen. Eine Konsolidierung der Daten erfolgte nach der jeweiligen Prozessierung über die Onlineplattform IVION, über welche allen Projektbeteiligten auch ein vielgenutzter, niederschwelliger Zugang zu einer Art „Google-Streetview“ des Gebäudes ermöglicht wurde.

Obwohl diese umfangreichen Werkzeuge hausintern zur Verfügung stehen, versteht sich KKI nicht als klassisches Vermessungsbüro. Daher wurde eine klare Schnittstelle zur übergeordneten geodätischen Vermessung gebildet, die über die Vermessungsabteilung des Bauherren-eigenen „Fachbereichs 62 Geoinformation“ abgewickelt wurde. Die Projektbearbeitung erfolgte in einem lokalen, topozentrischen Koordinatensystem. Im Vorfeld des Laserscans wurde dieses durch die städtische Vermesser:innen in Form von Stützpunktmarkierungen über das Gebäude gezogen. Bei der Begehung werden die Punkte mit dem Scanner erfasst und dienen so bei der Datenverarbeitung zur automatischen Ausrichtung der Daten zueinander. Dies erhöht nicht nur die Datenqualität, sondern stellt auch die qualitätsvolle Registrierung der Einzelaufnahmen zueinander sicher.

Diese Vorgehensweise löst dabei zwei wesentliche Probleme: Zum einen sind die gängigen BIM-Autorentools nicht ausreichend für die geodätisch korrekte Verarbeitung in Globalkoordinatensystemen gerüstet. Auch bei Eingabe vermeintlicher „Geokoordinaten“ erfolgt die weitere Bearbeitung und Modellausgabe in einem ebenen dreidimensionalen Koordinatenraum. Zum anderen führten in der Vergangenheit Rundungseffekte bei großen Koordinatenwerten zu minimalen Abweichungen, die Schwierigkeiten bei der Modellkoordination bzw. dem Modellabgleich zwischen den Fachdisziplinen verursachten. Durch die bei der Aufnahme festgehaltene Relation (u.a. Aufnahme von amtlichen Höhenfestpunkten) zu den übergeordneten Koordinaten lässt sich sicher bei Bedarf aber weiterhin eine „Georeferenzierung“ über die/den fachlich dafür ausgestatteten Vermessungs:ingenieurin umsetzen.

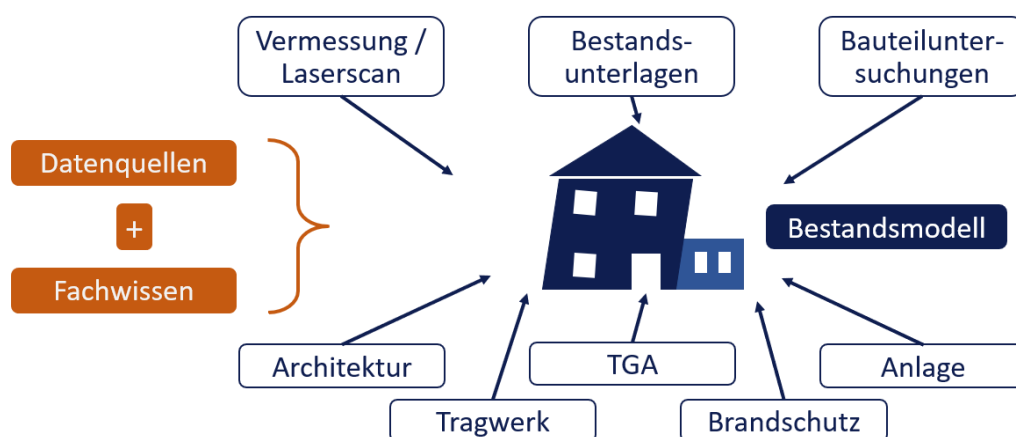


Abb. 3.1.21-10: Übersicht zu den Informationsquellen eines Bestandsmodells, Quelle: KKI

Die gleichzeitige Beauftragung als Objektplaner für die Maßnahme ermöglichte auch ein vorausschauendes Denken hinsichtlich zusätzlicher Erfassungsmaßnahmen. Weitere Themen wie Bauteilöffnungen oder Schadstoffanalysen werden daher sinnigerweise bei der Modellerstellung mit eingebracht. Gleiches gilt für die fachgerechte Interpretation von vorliegenden Bestandsunterlagen, um

beispielsweise tragende Bauteile von nicht-tragenden Bauteilen unterscheiden zu können. Hausintern gibt es die Festlegung, dass fachspezifischer Ergänzungen des Modells auch über die entsprechende Abteilung im Sinne eines dedizierten Fachmodellautors vorgenommen werden. Hier kann das Beispiel der Ergänzung der Brandschutzanforderungen an die Modellelemente genannt werden. Eventuelle Abweichungen lassen sich so unmittelbar in Sinne des „Single Source of Truth“ ableiten. Die Digitalisierungsaufgabe reicht also weit über die maßliche Erfassung hinaus (Vgl. Abb. 3.1.21-10).

### **Erfahrungen/Fazit**

Durch die gewählte Vorgehensweise konnte ein umfassendes IST-Zustandsmodell erstellt und in die Planung übergeben werden. Ein unmittelbarer Vorteil zeigt sich in den anschließenden Prozessen, wie zum Beispiel den genannten Brandschutzthemen.

Trotz der Nutzung unterstützender Werkzeuge war die Modellierung jedoch zeitintensiv. Ein treibender Punkt dabei ist die fachlich korrekte Aufteilung des Modells entsprechend der jeweiligen Modellierungswerkzeuge. Ein Beispiel dafür ist die Erstellung der Fassade als Kombination von Stützen und Unterzügen, nicht-tragenden Brüstungselementen und dazwischen gesetzten Fensterelementen. Die unterschiedlichen Bauweisen, die der Bestand dabei aufweist, haben dabei unmittelbare Auswirkungen auf den Modellierungsaufwand vergleicht man z.B. den deutlich geringeren Aufwand bei einem Gebäude mit ganzheitlich tragender Außenwand und klassischer Lochfassade.

Zukünftig wird der Ansatz „assisted by KI“ (künstliche Intelligenz) für die Modellerstellung eine zunehmend wichtigere Rolle spielen. Dieser Ansatz nutzt das Format der verfügbaren Daten zur Auswertung und den Abgleich von Bestandsunterlagen und Vermessungsdaten. Dennoch bleiben auch weiterhin viel Handarbeit und Nachkontrolle notwendig.

Ein nicht zu unterschätzender Faktor für die positive Wahrnehmung der Vorteile eines Scan-Aufmaßes ist ein niedrigschwelliger Informationszugriff. Die Plattform IVION, die ohne Softwareinstallation und umfangreiche Einweisung auskommen, war hier ein intensiv genutztes Tool mit hoher Akzeptanz unter den Planungsbeteiligten.

Obwohl auch die Nutzung des NAVVIS-Systems mit Wissensaufbau und Erfahrungswerten verbunden sind, ist das notwendige geodätische Fachwissen für die Anwendung des geschlossenen Systems begrenzt. Zusätzliches (externes) geodätisches Fachwissen und entsprechende Arbeitsmittel sind, insbesondere bei größeren Gebäudekomplexen und für alle Fragestellungen um das Thema „Geokoordinaten“, weiterhin notwendig. Die saubere Schnittstellenbildung durch das lokale Koordinatensystem hat sich hier bewährt.

Insgesamt zeigt sich, dass die Digitalisierung und Integration eines zentralen BIM-Bestandsmodells viele Vorteile bieten, wie die Verbesserung der Datenqualität, die Effizienzsteigerung in der Planung und Ausführung sowie den niedrigschwelligen Zugang zu den Daten für alle Projektbeteiligten. Die Erkenntnisse aus diesem Projekt verdeutlichen, dass trotz technologischer Fortschritte weiterhin Fachwissen und manuelle Nacharbeit erforderlich sind, um die hohen Qualitätsanforderungen in der Bauplanung und -ausführung zu erfüllen.

### **KEMPEN KRAUSE INGENIEURE**

Bei KEMPEN KRAUSE vereinen wir 115 Jahre Ingenieurstradition mit der Vision einer modernen, nachhaltigen Bauwirtschaft. Mit über 350 Experten und Expertinnen an acht Standorten gestalten wir die Zukunft des Bauens – innovativ, verantwortungsbewusst und stets am Puls der Zeit. Unsere interdisziplinären Teams in 12 Fachbereichen und 2 Kompetenzzentren widmen sich leidenschaftlich der Realisierung komplexer Bauvorhaben und der Entwicklung praxisorientierter Lösungen. Erfahren Sie mehr unter: [www.kempenkrause.de](http://www.kempenkrause.de)

### 3.1.22 Qualitätsanforderungen an BIM-konforme Bestandsmodelle +

*Beitrag von Lars Sörensen, Scan3D GmbH (Beitrag für den Bund-Länderarbeitskreis Vermessung, AK Verm, gekürzte Fassung)*

Seit 2005 arbeiten wir an einer Übersicht zur Einteilung von Vermessungsergebnissen für die Bestandsdokumentation in Qualitätsstufen. Hier gehen ausschließlich allgemein anerkannte vorhandene Normen und Richtlinien mit ein, die sich auf Bestandsaufmaße von Bauwerken anwenden lassen. Eine frühere Veröffentlichung für die DGPF1 zu diesem Thema ist 2018 in die Baufachlichen Richtlinien Vermessung (BFR Verm) des Bundes mit eingegangen und wurde hier angewendet und zitiert.

Das dreijährige Forschungsprojekt „Freeform4BIM“<sup>3</sup> zur Qualitätsverbesserung BIM-konformer Bestandsmodelle mit Freiformflächen hat u.a. zu einer Mitarbeit im DVW-Arbeitskreis BIM4 (AK3, DVW) geführt. Zu guter Letzt wurde die bisherige Arbeit auf der 24. Sitzung des AK Vermessung des Bundes und der Länder vorgetragen und diskutiert. Hier wurden die Grundlagen für die Anwendung der oben beschriebenen Qualitätseinteilung für BIM-konforme Bestandsmodelle hergeleitet und dargestellt.

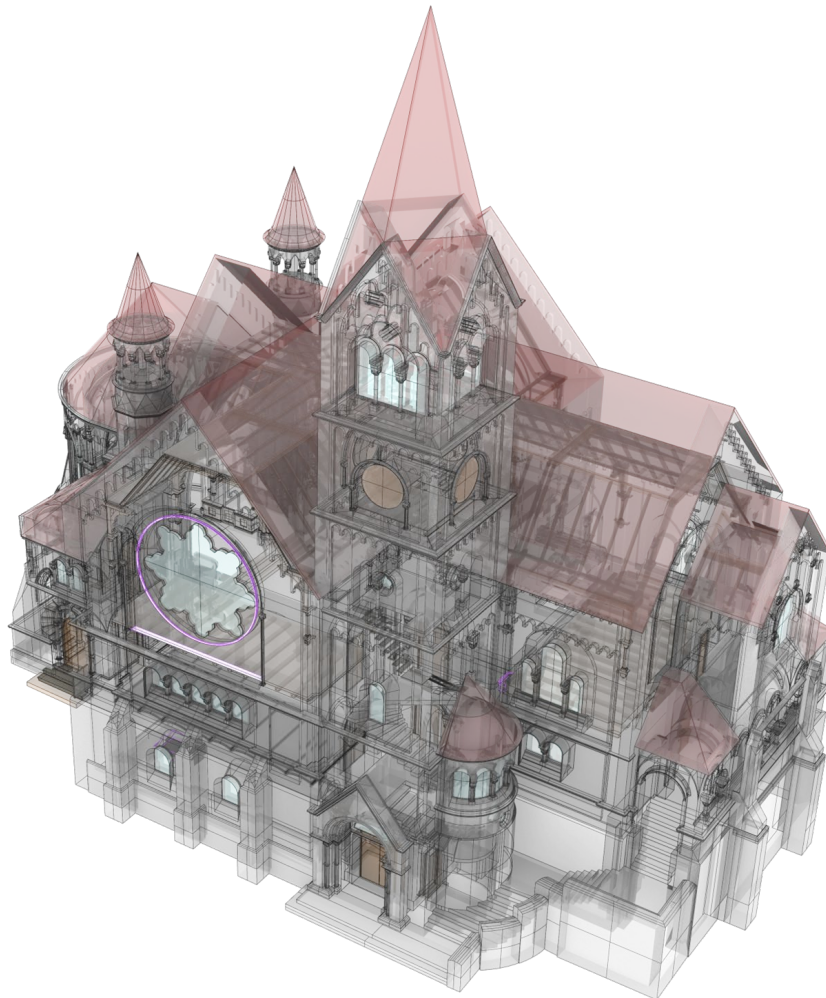


Abb. 3.1.22-1: Kaiser Wilhelm Kirche in Bad Ems, Erstellung mit Visual Arq in Rhino zur Nutzung in ArchiCAD, 2017

### **Punktwolken als Grundlage für Bestandsmodelle**

Punktwolken stellen in der Regel die Grundlage für 3D Modelle als Planungsgrundlage für Bestandsbauten dar. Die Qualität der Punktwolken beeinflusst die geometrische Qualität der Modelle. Fehler führen zur Unschärfe in der Objektabbildung und beeinflussen damit die Planungsgenauigkeit. Neben der Genauigkeit spielt auch die Auflösung eine Rolle, da sie auch Grundlage für die semantische Qualität eines Bestandsmodells darstellt. Für eine weitreichende Nutzbarkeit der 3D Punktwolken aus Laserscans sollte die Auflösung höchstmöglich sein, aber die Summe aller auftretenden Fehler darf nicht überschritten werden, da es ansonsten zu einer diffus „verrauschten“ Abbildung kommt.

Hinzu kommt das Entfernungsruschen, das auch von den Reflektivitäten<sup>26</sup> der Oberflächen abhängt. Hieraus ergibt sich eine „Unsicherheit“ in der Abbildung von Bauwerksoberflächen. Auf besonders stark oder extrem gering reflektierenden Materialien ergeben sich die größten Probleme. Zu guter Letzt begrenzt auch der Strahldurchmesser des verwendeten Lasers die sinnvolle Auflösung. Zu beachten ist, dass die Strahlaufweitung mit der Entfernung zunimmt.

Zur Festlegung der Anforderungen an Bestandsmodelle für BIM-Planung ist die Qualität der Punktwolken und die Qualität der Modelle aufeinander aufbauend zu betrachten.

Qualitätsbeschreibende Merkmale von Punktwolken.

- Herkunft der Punktwolken und verwendete Sensoren und Aufnahmezeitraum
- Weiterverarbeitung, Standardabweichung der Registrierung und Filterung

Die Herkunft und Qualität sind zu dokumentieren, um daraus die Nutzbarkeit der Daten ableiten zu können. Zusätzlich ist eine qualifizierte Transformation ins Zielkoordinatensystem erforderlich, wobei sich folgende Möglichkeiten je nach Aufgabenstellung anbieten.

- Lokales Gebäudekoordinatensystem mit lokalem Bezug zum Amtlichen System
- Transformation ins Amtliche Lage- und Höhensystem<sup>27</sup>

Die meisten BIM Anwendungen können nicht direkt mit den resultierenden Koordinatengrößen der amtlichen Systeme umgehen. Gleichzeitig darf die Modellgeometrie nicht von Projektionsfehlern amtlicher Koordinatensysteme beeinflusst werden. In Abhängigkeit des verwendeten CAD Systems muss eine Reduktion der Koordinaten erfolgen und auf eine verzerrungsminimierte Projektion geachtet werden.

### **Anforderungen an BIM fähige Modelle für die Planung**

Zunächst müssen die Modelle den Genauigkeitsanforderungen für die Planung entsprechen. Während beim Neubau die Abweichungen lediglich durch Bautoleranzen entstehen, sollte beim Bestand die Genauigkeit der Modellabbildung bestenfalls auch eine Ausführungsplanung ermöglichen. Es stellt sich daher zu Beginn einer Bestandsdokumentation die Frage, für welche Leistungsphasen (LPH) eines Bauvorhabens gemäß der HOAI<sup>28</sup> das Planungsmodell nutzbar sein soll. Demnach geben u.a. die Leistungsphase und der Zielmaßstab der planerischen Darstellung auch die Genauigkeit vor.

---

<sup>26</sup> Die Reflektivität beschreibt den Reflexionsgrad als Verhältnis des reflektierten zum einfallenden Laserlicht des Sensors und somit die energetische Größe der Intensität.

<sup>27</sup> Leitfaden Geodäsie und BIM Version 4.0 (2024), 2.2 Georeferenzierung (Christian Clemen, Ralf Becker, Robert Kaden und Jörg Blankenbach)

<sup>28</sup> Übersicht der Leistungsphasen (LPH) nach HOAI; <https://www.hoai.de/hoai/leistungsphasen/>



Oft wird davon ausgegangen, dass bis zur LPH 3 (Entwurfsplanung) im Zielmaßstab M 1:200 bis 1:100 keine höheren Anforderungen bestehen. Daraus ergibt sich, dass spätestens für die Ausführungsplanung die Bestandsaufnahme zu wiederholen ist, um ein präziseres Bestandsmodell zu erhalten. Wirtschaftlicher ist es immer, gleich auf die späteren Anforderungen hinzuwirken.

Die „VDI 2552 Blatt 1“ beschreibt das Anwachsen der geometrischen und semantischen Informationsdichte entlang der Leistungsphasen eines Bauvorhabens. Eine Zuordnung zum jeweiligen LOD<sup>29</sup> (Level of Development), dem Fertigstellungsgrad eines Bauvorhabens, erfolgt hier noch nicht. Der LOD setzt sich aus dem LOI (Level of Information) und dem LOG (Level of Geometry) zusammen. Alle Informationen, Geometrie und Semantik, liegen in einer gemeinsamen Datenumgebung vor.

Die Erstellung des Bestandsmodells wird in der Praxis meistens von Vermessern erstellt, da die Qualität der geometrischen Abbildung in deren Fachgebiet fällt. Anders ist es in der Regel mit der baukonstruktiven Strukturierung oder einer komplexeren semantischen Gliederung des 3D Modells. Hier ist die Qualifikation von Architekten und Bauingenieuren gleichermaßen gefragt. Damit stellt sich auch die Frage, wer das Bestandsmodell zu erstellen hat und wer daran mitarbeiten sollte. BIM als digital vernetzte Planung erfordert auch die vernetzte und interdisziplinäre Bearbeitung des Modells.

Damit die Modelle sich in der Praxis nutzen lassen, ist eine einheitliche Festlegung der Datenstruktur und des Dateiformats erforderlich. Die Datenstruktur ermöglicht es, den Modellelementen die semantischen Merkmale und die Geometrie zuzuordnen. Es ist sowohl möglich, nur semantische Merkmale, nur geometrische Eigenschaften oder deren Kombination an Merkmalen im Dateiformat IFC abzulegen. Darüber hinaus ist die parametrische und semantische Verknüpfung der Elemente untereinander üblich.

Um nun auf Grundlage der oben beschriebenen Anforderungen die Qualität für BIM fähige 3D-Modelle zu beschreiben, können folgende Qualitätsaspekte dienen: Die Informationsdichte der Geometrie und der Semantik bedingen die baukonstruktive Informationstiefe und damit die Qualität des Abbilds der gebauten Realität in Form des Modells.

Die geometrische Qualität beschreibt die maßliche Abweichung des resultierenden Modells von der gebauten Realität, in die die Qualität der Punktwolke und die Abweichung des Modells von der Punktwolke eingehen. Die baukonstruktive Strukturierung hängt von der Sichtbarkeit der erforderlichen Details zum Zeitpunkt des Aufmaßes ab und erfordert die entsprechende Fachkenntnis zur Einarbeitung in die Modelle. Die semantische Detaillierung sollte mit entsprechendem Fachwissen sowie unter Mithilfe von Architekten und Fachplanern erfolgen, indem die geometrischen CAD-Objekte entsprechend attribuiert werden.

### **Probleme in der Praxis**

Vor Ausschreibung und Beauftragung eines Bestandsaufmaßes für BIM sollte eine Vorermittlung der Anforderungen erfolgen. Zu beantworten ist auch die Frage, in welchem Zustand das Gebäude zu vermessen ist bzw. was verbleibt, zurückgebaut oder entkernt wird. Ein Aufmaß vor Rückbau wird viele der planerisch relevanten Fragen nicht abbilden können und ist somit unwirtschaftlich.

Am Beispiel der ehemaligen Knorr Bremse Werke zeigt sich nach probierender Herstellung von Sondageöffnungen, dass an Stellen, wo man massive Bauteile erwartet hat, bauzeitliche Verbundstützen vorhanden sind, die lediglich einschalig ummauert waren.

---

<sup>29</sup> LOD – Level Of Development, Fertigstellungsgrad von Bauwerken, <https://www.bimpedia.eu/artikel/1005-lod-level-of-development>



Abb. 3.1.22-2: Ehemalige Knorr Bremse Werke in Berlin Friedrichshain, Gesamtfläche ca. 48.000 m<sup>2</sup> (Scan3D GmbH)

### Qualitätseinteilung für BIM-konforme Bestandsmodelle

Die Einteilung von Ergebnissen der digitalen Bestandsvermessung in Qualitätsstufen beruht auf einem Vortrag mit einer anschließenden Veröffentlichung auf der TLS Tagung des DVW<sup>30</sup> im November 2005. Die tabellarische Übersicht als Resultat der Qualitätseinteilung beruht auf der DIN 18710 Teil 1<sup>31</sup> mit seiner Klassifizierung der Messgenauigkeiten in jeweils 5 Klassen für die Lage- (L1 – L5) und die Höhengenaugigkeit (H1 – H5). Es erfolgt eine Zusammenfassung in 5 Qualitätsstufen (Q1 bis Q5) sowie eine weitere Gliederung in die geometrische Qualität mit den Klassen G1 bis G5 und die semantische Qualität mit S1 bis S5. Die DIN 1356 Teil 6<sup>32</sup> mit den Informationsdichten I und II sowie die „Empfehlungen für Baudokumentation“<sup>33</sup> mit seinen Qualitätsstufen I bis IV werden der semantischen Qualität zugeordnet. Die in den Baufachlichen Richtlinien Vermessung des Bundes (BfR Verm 2018) zitierte und angewendete Veröffentlichung zur Herleitung dieser Qualitätseinteilung findet sich im DGPF Tagungsband 2011<sup>34</sup>. Hierin wird bereits auf BIM-Anwendungen verwiesen und die unzureichende Unterstützung der Datenschnittstelle IFC bemängelt.

Nun lassen sich die in der BIM-Richtlinie VDI 2552 zitierten LODs mit LOD100 bis LOD500 nahezu den auf der DIN 18710 basierenden 5 Qualitätsklassen zuordnen.

Der BIM Leitfaden für Deutschland (2013) beschreibt die Zuordnung des LOD 100 bis 500 zu den Leistungsphasen gemäß HOAI. Der USIBD Level of Accuracy (LOA) Specification Guide (2019) wird ebenfalls in der Übersicht verwendet. Im Vordergrund steht die Unterscheidung zwischen der geometrischen Qualität und der semantischen Qualität, die sich je nach Anforderungen auch frei kombinieren lassen.

Die für Bestandsgebäude anwendbare „Level of Information Need“ (LOIN) auf Grundlage der DIN EN 17412-1:2021-06 ist bisher noch nicht in diese Qualitätseinteilung eingegangen. Es besteht hierzu keine Klassifizierung, die eine Zuordnung zu den LODs ermöglicht. Der „Level of Information Need“ beschreibt die Anforderungen aus Sicht der Nutzer von Bestandsmodellen. Die vorliegende

<sup>30</sup> Terrestrisches Laserscanning (TLS), Ein geodätisches Messverfahren mit Zukunft - DVW-Schriftenreihe Band 48, 2005:Terrestrisches Laserscanning (TLS), Arne Semmler, Scan3D GmbH / Dienstleistung Denkmal

<sup>31</sup> DIN 18710-1:2010-09 Ingenieurvermessung - Teil 1: Allgemeine Anforderungen, S. 9 - 10

<sup>32</sup> DIN 1356-6:2006-05 Technische Produktdokumentation - Bauzeichnungen - Teil 6: Bauaufnahmezeichnungen

<sup>33</sup> Empfehlungen für Baudokumentation, Bauaufnahme – Bauuntersuchung; Günter Eckstein, Stuttgart 2003, LDA Baden-Württemberg, Arbeitsheft 7, Seite 12-17

<sup>34</sup> DGPF Tagungsband 20 / 2011, Qualitätsstandards in der Architekturvermessung - Detaillierung und Genauigkeit im Konflikt zwischen 2D und 3D , LARS SÖRENSEN

tabellarische Übersicht kann aber verwendet werden, um den LOIN inhaltlich einzugrenzen und eine Zuordnung vorzunehmen.

Da in der Erstellung von Bestandsmodellen für BIM die Wirtschaftlichkeit durch Generalisierung und eine höhere Genauigkeit sinnvoll abzuwägen sind, ist die Qualitätsbeschreibung des Ergebnisses besonders wichtig. Hierbei geht es nicht nur um die Geometrie, sondern auch um die Semantik, die sich aus der baukonstruktiven Strukturierung und der bautechnischen Detaillierung mit ihren Attributen ergibt.

### Vorschlag für eine Qualitätseinteilung

Qualitätsstufe	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
<b>Maßstäbe</b>	<b>M1:200 / M1:100</b>	<b>M1:100 / M1:50</b>	<b>M1:50/M1:25</b>	<b>M1:20/M1:10</b>	<b>M1:5 / M1:1</b>
Beschreibung	Schematisches Aufmaß / Modell	Einfacher Plansatz Modell	Detailliertes Gebäudeaufmaß / Planungsmodell	Verformungsgereue Dokumentation / As-Build-Modell	Detailaufmaß / Bauteilmodell
<b>Genauigkeit</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>	<b>G5</b>
	Genauigkeit <= +/- 5 cm	Genauigkeit <= +/- 2,5 cm	Genauigkeit <= +/- 2 cm	Genauigkeit <= +/- 1cm	Genauigkeit <= +/- 0,25cm
DIN 18710-1	L1	L2/H1	L3/H2	L4/H3	L5/H4-H5
<b>Semantik S1-S5</b>	<b>S2</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S4</b>
<b>DIN 1356-6</b>	Informationsdichte 1	Informationsdichte 1	Informationsdichte 2	Informationsdichte 2	Informationsdichte 2
„Eckstein“	Eckstein Stufe I	Eckstein Stufe II	Eckstein Stufe III	Eckstein Stufe IV	Eckstein Stufe IV
	geringe Detaillierung	mittlere Detaillierung	hohe Detaillierung	sehr hohe Detaillierung	höchste Detaillierung
<b>2D Pläne</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
2D-Daten	schematische Zeichnungen	P1 + Grundrisse, Schnitte, Ansichten	P2 + zusätzliche Schnitte	P3 + Detailzeichnungen	P4 + nach Vereinbarung
<b>Bildpläne</b>	<b>M1:100</b>	<b>M1:50</b>	<b>M1:25</b>	<b>M1:10</b>	<b>M1:5</b>
Auflösung dpi / Maßstab (mm)	100	50	25	10	5
300	8,5	4,2	2,1	0,8	0,4
<b>3D Modelle</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>
BIM-konforme 3D-Modelle	Schematisches 3D-Modell	BIM (Building Information Modell)	M2 + Verformungsgereues Modell	M3 + verformungsgereues Bauteilmodell mit Freiformflächen	M4 + vollflächig verformungsgereues Bauteilmodell
HOAI Leistungsphase	LPH1 Grundlagen - LPH2 Vorplanung	LPH3 Entwurfsplanung	LPH4 Genehmigungsplanung	LPH5 Ausführungsplanung – LPH 6+7 Vergabe	LPH8 Überwachung + Dokumentation
BIM-Modell LOD (= LoG + LoI)	LOD 100 bis 200	LOD 200 bis 300	LOD 200 bis 300	LOD 300 bis 400	LOD 400 – 500
LOA (USIBD)	LOA 10 ~ +/- 50 mm	LOA 20 ~ +/- 25 mm	LOA 30 ~ +/- 10 mm	LOA 40 ~ +/- 5 mm	LOA 50 ~ +/- 1mm

Tabellarische Übersicht zur Qualitätseinteilung (Stand Okt.2023) - Grundlagen: Empfehlungen für Baudokumentationen (Eckstein); DIN 18710, DIN 1356-6 / Anwendung: Landesdenkmalämter; Baufachliche Richtlinien des Bundes (BfR Vermessung 2018) / Veröffentlichung: DVW-Schriftenreihe Band 48, 2005; DGPF Tagungsband 2011; Tagungsband Oldenburger 3D Tage 2019; VDV Magazin 4-2021

### Freiformflächen für Bestandsmodelle in BIM

Für Anwendungen in der Tragwerksplanung oder zur Produktion von Fertigteilen müssen die Bestandsmodelle besonders hohe Genauigkeiten erreichen, um im Altbau die Verformungen und im Neubau die Fertigungstoleranzen abbilden zu können. Um das zu erreichen, ist die Verwendung von Freiformflächen eine Lösung. Die aktuellen Versionen der Schnittstelle IFC 4.3<sup>35</sup> ermöglichen deren Verwendung zur Erstellung von 3D-Architekturobjekten im Bestandsmodell. Allerdings unterstützen

<sup>35</sup> IFC 4.3.2.0 (IFC4X3\_ADD2) development, IFC 4.3.x Content, <https://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org/>

die wenigsten proprietären CAD-Plattformen dieses Format vollständig. Aus diesem Grund muss geklärt werden, auf welchem Weg die Daten in der jeweiligen Fachplanungssoftware verwendet werden können.

### Sonderlösungen aus der Praxis

Die folgenden Beispiele zeigen mögliche BIM-Anwendungen, in denen hochgenaue Modelle mit Freiformflächen eine Rolle spielen.

Beispiel 1: Der Neubau der Gesamtschule Münster Ost wurde in Holzrahmenbauweise ausgeführt. Hierfür wurde der Rohbau in drei Abschnitten hochgenau mit 3D-Laserscanning erfasst und auf Grundlage der Punktwolken verformungstreue Freiformflächenmodelle erstellt. In der IFC-fähigen Software Cadwork wurden die Bestandsmodelle verwendet, um die Holzrahmenbauplanung an die Toleranzen des Rohbaus anzupassen und die generierten Daten für die automatisierte Fertigung der einzelnen Elemente zu verwenden. Die erreichte Passgenauigkeit lag bei über 99%, was eine deutliche Steigerung gegenüber der Fertigung auf den Planungsdaten mit sich brachte.

Beispiel 2: Für das Freiheits- und Einheitsdenkmal westlich vom Neubau des Berliner Stadtschlosses wurde ein verformungstreuere Bestandsmodell des Sockels vom ehemaligen Kaiser-Wilhelm-Denkmal benötigt. Das Modell wurde u.a. im IFC-Format übergeben und zur Analyse der Resttragfähigkeit der Gewölbekonstruktion sowie zur Planung der Gründung für die „Einheitswippe“ verwendet. Gefordert war eine Genauigkeit von +/- 1 cm.

Beispiel 3: Für das Lübecker „Buddenbrookhaus“ ging es in erster Linie um die geometrische Abbildung der historischen Bestandteile des Gebäudes und nicht um ein BIM-fähiges Modell. Somit wurde entschieden, dass ein Freiformflächenmodell zur Verwendung in verschiedenen BIM-Softwarelösungen zu erstellen ist. Ein vorformungsgetreues und vollständig BIM-konformes Modell hätte entweder zu sehr viel mehr Aufwand geführt, oder wäre zwischen verschiedenen Plattformen nur eingeschränkt austauschbar gewesen.

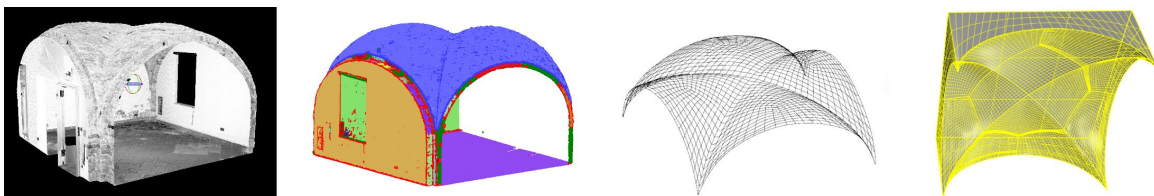


Abb. 3.1.22-3: Automatisierung zur Erstellung BIM konformer Gewölbemodelle mit hoher verformungstreue, Freeform4BIM, TLS Tagung Fulda 2023

Im Forschungsprojekt Freeform4BIM wurden Werkzeuge zur automatisierten Segmentierung und Modellierung von Gewölbesegmenten mit besonders hoher Genauigkeit entwickelt. Anschließend wurden die Gewölbemodelle als IFC Objekte mit den erforderlichen Attributen versehen und können im Format IFC 4.3 verwendet werden.

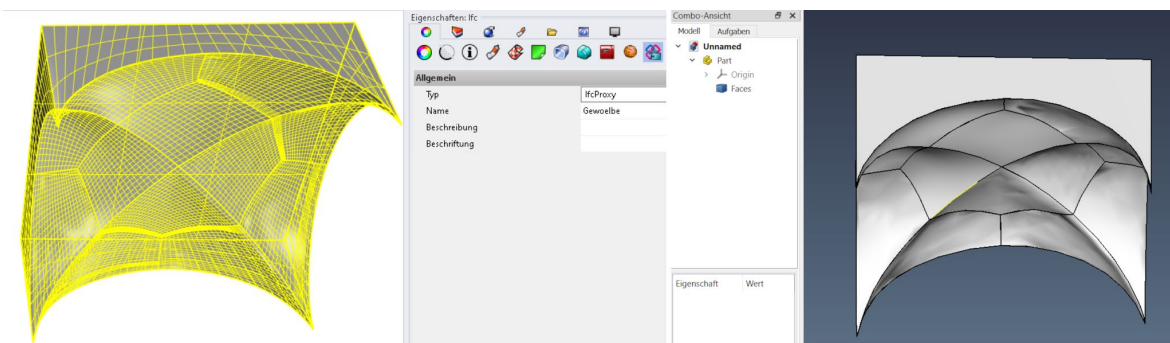


Abb. 3.1.22-4: BIM konforme Attribuierung von CAD-Objekten mit Freiformflächen zur Erstellung von IFC Objekten, Freeform4BIM, TLS Tagung Fulda 2023

### **Einflüsse auf die Modellgenauigkeit und Schnittstellen**

Neben den Gesamtfehlern der Punktwolken gehen auch die Modellierungsverfahren in die geometrische Qualität der Modelle ein. In den meisten Fällen erfolgt eine Generalisierung durch die Extrusion horizontaler und vertikaler Profile. Das heißt im Grunde, dass proprietäre BIM-Software keinen dreidimensionalen Aufbau der Geometrien ermöglicht, sondern vom Konzept her als 2,5D-Software zu betrachten ist.

Wie zuvor beschrieben ist die Nutzung von Freiformflächen ein Weg, um höherwertige Modelle zu erstellen. Die Erstellung z.B. im CAD-System Rhinoceros<sup>36</sup> mit BIM Plugin „VisualArq“ und der Export der Modelle über weitere Plugins im Format IFC 4.3 funktioniert. Allerdings unterstützen die bekannten proprietären Plattformen entweder IFC 4.3 noch nicht oder es sind keine Freiformflächen einlesbar. Hier funktioniert dann in der Regel der Umweg über indirekte Schnittstellen wie z.B. RhinoInsideRevit für Revit, Grasshopper für ArchiCAD oder 3DM für Vectorworks. In den proprietären CAD-Systemen werden dann eigenständige Elemente daraus, die sich nicht wieder mittels IFC exportieren lassen, ohne in eine Vermaschung überführt zu werden und damit ihre Parametrik zu verlieren. Native Software unterstützt in den meisten Fällen Volumenobjekte mit Freiformen fehlerhaft oder überhaupt nicht.

Die Qualitätsbeurteilung von Modellen kann über eine Analyse der Auswertung erfolgen. Die Qualität der Punktwolke muss mit der Auswertesoftware kontrolliert und dokumentiert werden. Anschließend ist die Modellgeometrie mit der Punktwolke zu vergleichen. Der Gesamtfehler ergibt sich aus der Summe der resultierenden Fehler.

### **Erreichbare Genauigkeiten**

Wenn besonders hohe Genauigkeiten benötigt werden, muss die Überbestimmung der geometrischen Abbildung durch dichte Punktwolken vollständig genutzt werden.

Unter optimalen Bedingungen sind folgende Genauigkeiten erreichbar.

- Punktwolke: Standardabweichung  $< \pm 1$  mm durch Transformation mit ausgeglichenen Ebenen und Netzausgleichung
- Modell: Standardabweichung  $< \pm 1$  mm durch Flächenrückführung mit Netzwerken aus ausgeglichen Kurven und Volumenkörpern aus Flächenverbänden
- Koordinaten:  $< \pm 1$  mm durch Subvoxelgenaue Messung in Punktwolken durch Ausgleichung von Winkeln und Strecken über die Nachbarschaften aus den polaren Messwerten

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Es stellt sich die Frage, was alles modelliert werden muss, um die Anforderungen an die Planung mittels BIM zu erfüllen. Davon ausgehend, dass ein Modell immer eine Generalisierung der geometrischen Repräsentation darstellt, ist die Punktwolke das Abbild, welches eine geringere Abweichung zur gebauten Realität aufweist, als das BIM-konforme Modell. Mit der Modellierung ergibt sich demnach ein geometrischer Informationsverlust aber gleichermaßen ein semantischer Informationsgewinn. Sobald die Punktwolke segmentiert und im Format IFC übergeben wird, kann bereits auf dieser Grundlage eine Attribuierung für BIM erfolgen. Der zur Zeit wirtschaftlichste Weg ist die Nutzung der Punktwolken und die Reduzierung der Modellabbildung auf die für die Planung erforderlichen Teilbereiche. In industriellen Anwendungen oder im Schiffbau ist das ein längst etablierter Kompromiss.

---

<sup>36</sup> Kommerzielles 2D/3D CAD System mit offenen Schnittstellen und diversen Plugins u.a. für BIM, <https://www.rhino3d.com/de/>

Es liegt keine hinreichende Qualitätsbeschreibung für Bestandsmodelle als Grundlage für BIM-Planung vor. Die Fertigstellungsgrade LOD 100 bis 500 beziehen sich auf Neubau und ein Nachweis der vorliegenden Qualität ist nicht zu erbringen oder gar im Dateiformat IFC anzugeben.

Eine gute Lösung aus jetziger Sicht besteht in der Nutzung des generalisierten Modells und die gleichzeitige Nutzung der bauteilorientiert segmentierten Punktwolke. Verformungsgetreue Bestandsmodelle können bereits im Format IFC 4.3 erstellt werden, sind aber eingeschränkt kompatibel. Aus diesem Grund bietet sich hier die Lösung an, das Modell über einen Open-BIM-Server zur Verfügung zu stellen und nur die Objekte aus der Planung in diesem Modell abzulegen. Es bleibt aber dabei, dass der Aufwand in der Modellierung höher ist, sobald man bei historischen Bauwerken eine höhere Genauigkeit erwartet.

### 3.1.23 Archivierte Artikel vor Version 3.0 im digitalen Repository

Die folgenden Artikel finden Sie im digitalen Archiv des Leitfadens Geodäsie und BIM unter den angegebenen Links bzw. QR-Codes.

#### Der S-Bahn-Tunnel in Frankfurt am Main – das BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung in der Planung für die Infrastrukturmaßnahmen

*Beitrag von Andreas Riemenschneider*



#### BIM-Pilotprojekt Neubau der Westkammer der Schleuse Wedtlenstedt am Stichkanal nach Salzgitter

*Beitrag von Jan Schaper und Matthias Küßner*



#### Herausforderungen beim Bauen im innerstädtischen Bestand – wie Laserscanning und BIM die Risiken des Bauherrn minimieren

*Beitrag von Stefan de Keijzer und Andreas Rupp*



## Anwendung von 3D-Laserscanning und Photogrammetrie zur *as-built*-Dokumentation von Gebäuden

*Beitrag von Christoph Effkemann*



## BIM im Denkmalschutz am Beispiel des Edo-Wiemken-Denkmal

*Beitrag von Jelde Borgmann*



## Erstellung eines Bestandsmodells im Rahmen von Building Information Modeling (BIM)

*Beitrag von Thomas Schock und Harald Saeger*



## BIM im Wasserbau – von der Planung zu Betrieb und Unterhaltung. Das Initialprojekt „Neue Schleuse Trier“

*Beitrag von Ralf Becker und Sigfrid Knapp*





### Erfassung und Erstellung eines BIM-konformen Bestandsmodells der Huntebrücke als Teil der A29 bei Oldenburg

*Beitrag von Joscha Hüge*



### BIM in der Praxis – Ansätze zur Integration von Structural Health Monitoring in ein Bestands-BIM

*Beitrag von Kira Zschiesche, Linda Rau und Martin Schlüter*



### BIM im Straßen- und Tiefbau – modellbasiertes Navigieren im Praxiseinsatz

*Beitrag von Helmut Mörtel*



## 3.2 Integration von BIM und GIS

### 3.2.1 3D- und VR-Visualisierungen auf Basis von GIS-Daten vereinfachen die (Zusammen-)Arbeit ☺

*Beitrag von Marius Reuters und Wahid Fazelly, IB&T Software GmbH*

#### Einleitung

Kennen Sie folgendes Szenario: Sie schauen mit Projektbeteiligten, Ihrem Auftraggeber oder gar in der Öffentlichkeit auf einen Plan und kommen in Verlegenheit, konkret fachliche Aussagen über Einzelheiten des Projektes zu treffen? Oder kam es schon einmal vor, dass Sie in einer Baubesprechung dieselbe 2D Grundlage völlig widersprüchlich interpretiert haben? Sie, als versierter Ingenieur, kennen die Unterschiede zwischen einer durchgezogenen, einer gestrichelten oder einer strich-punkt-tierten Linie. Welche Bedeutung hat die Strichstärke und was beschreibt in dem konkreten Fall eigentlich die Schraffur? Deutlich schwieriger ist es zu erkennen, welche der zwei kreuzenden Linien denn nun „oben“ liegt. Die BIM-Methode in Kombination mit neuen, modernen Möglichkeiten der Visualisierung kann allen Beteiligten zukünftig helfen, Missverständnisse, Schwierigkeiten und Probleme schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt aus dem Weg zu schaffen.

Das vorliegende Beispiel demonstriert die Vorzüge der 3D- und VR- (Virtual Reality) Visualisierung anhand eines Infrastrukturprojektes mit entsprechender Straßen- und Entwässerungsplanung.



Abb. 3.2.1-1: Das Untersuchungsgebiet – card\_1 Projektbeispiel: Straße & Kanal

#### Hintergrund

Als Virtuelle Realität (VR) wird die computergenerierte, interaktive Darstellung der Wirklichkeit beschrieben, in der Anwender die physikalischen Eigenschaften der Umgebung wahrnehmen können. Für die Erzeugung virtueller Realität wird speziell entwickelte Software benötigt. Diese Programme müssen komplexe dreidimensionale Welten in Echtzeit berechnen. Das heißt, mindestens 25 Bilder müssen in Stereo, getrennt für linkes und rechtes Auge, pro Sekunde generiert werden. Die genannte Angabe variiert je nach Anwendung – eine Fahrsimulation beispielsweise erfordert mindestens 60 Bilder pro Sekunde, um Übelkeit, die sogenannte Simulator-Krankheit, zu vermeiden. Klassische Einsatzgebiete sind neben Flugsimulatoren für die Pilotenausbildung zunehmend in der Architektur zur Visualisierung von Hochbauplanungen zu finden; neuerdings auch in der Infrastrukturplanung, wo Landschaftsbilder gemäß dem Standort des Betrachters und der Tageszeit real nachgebildet werden. Die VR-Technologie vereinfacht dadurch die Zusammenarbeit zwischen Planer, Auftraggeber und Öffentlichkeit, da die (virtuelle) Realität keinen Platz für Missverständnisse und

Fehlinterpretation der Planungsdaten mehr zulässt. Darüber hinaus unterstützt der Blick durch eine VR-Brille den Planer bei der Qualitätssicherung seiner Arbeit. Mögliche Konfliktstellen und Planungsungenauigkeiten sind unmittelbar zu erkennen und lassen sich gleich ausbessern. Ein konkreter Anwendungsfall ist die virtuelle Baubesprechung, bei der sich die Projektbeteiligten, unabhängig vom eigenen Standort, als Avatar auf der virtuellen Baustelle (ggf. durch Multisensorsysteme live aufgenommen) treffen, die Baubesprechung abhalten und Mängel begutachten.

### Problemstellung / Ziel

Aus dem in Abbildung 3.2.1-1 gezeigten Kanalprojekt liegt zu einer Baubesprechung ein nach konventioneller Methodik geplanter Kanallageplan in ausgedruckter Form vor (s. Abb. 3.2.1-2). Neben den GIS Daten aus Liegenschaftskataster und Rasterbildern werden auch die neu geplanten Leitungen eingezeichnet. Die Projektbeteiligten sitzen gemeinsam am Besprechungstisch und versuchen die Linien und Grafiken des Plans nachzuvollziehen und zu interpretieren. Anhand der vier gekennzeichneten Merkmale werden die Vorzüge der dreidimensionalen Planung und Visualisierung sowie der VR-Visualisierung verdeutlicht.

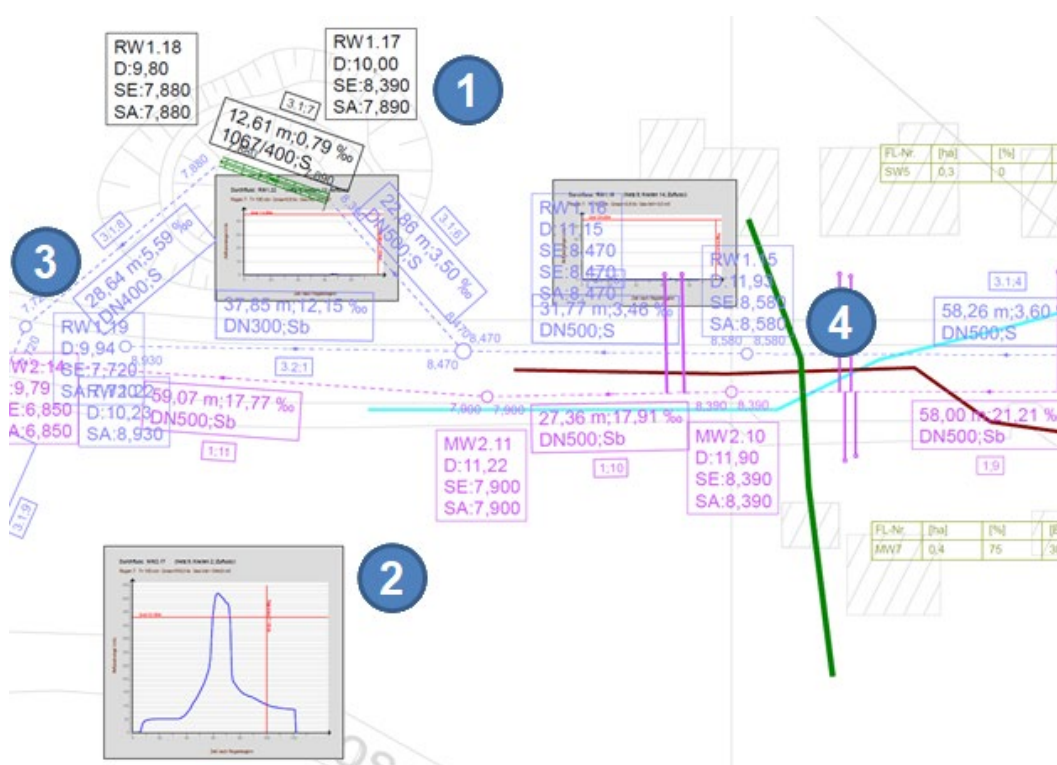


Abb. 3.2.1-2: Ausschnitt Kanallageplan

### Lösungsweg

Problemfall 1 bezieht sich auf die Schraffur. Abgesehen davon, dass die Schraffur von einem Diagramm und mehreren Beschriftungsfeldern überlagert ist, kommt es immer wieder zu Planungsfehlern oder Fehlinterpretationen, die in diesem Fall in der Ausrichtung der Schraffur begründet sind. In dem vorliegenden Beispiel erkennt der erfahrene und entsprechend ausgebildete Betrachter zwei Böschungsverläufe, die gemeinsam das Regenrückhaltebecken abbilden. Deutlich einfacher wäre hier die 3D Darstellung der Situation, die auch Laien unmissverständlich nachvollziehen können (siehe Abb. 3.2.1-3 und Abb. 3.2.1-4). Darüber hinaus wird durch die 3D Grafik und den erkennbaren Zaun um das Regenrückhaltebecken verdeutlicht, dass bereits der Aspekt Sicherheit berücksichtigt wurde.

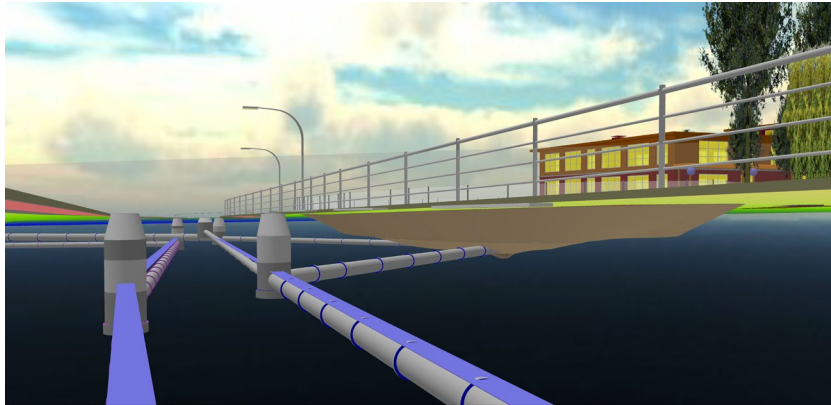


Abb. 3.2.1-3: 3D Visualisierung des Regenrückhaltebeckens (unterirdisch)

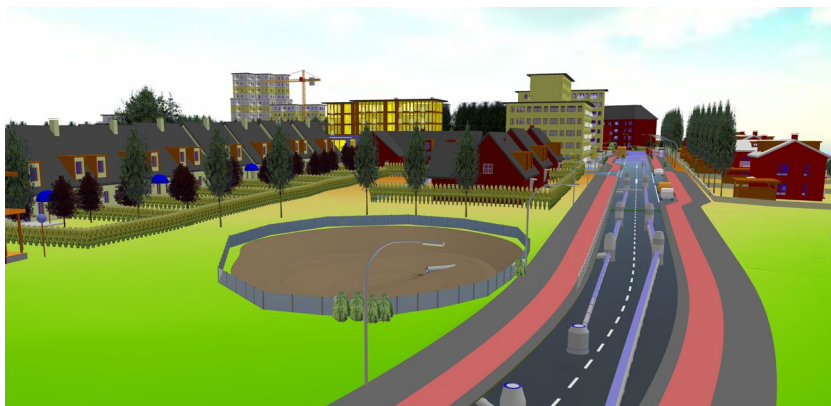


Abb. 3.2.1-4: 3D Visualisierung des Regenrückhaltebeckens (oberirdisch)

Der 2. Problemfall ist das teilweise sehr aufwendige Auswerten schlecht lesbarer Diagramme. Die hier dargestellten Flutkurven beschreiben den Wasserstand in einer Haltung während eines 100-minütigen Regens. Die horizontale rote Linie beschreibt den maximalen Durchfluss der Leitung. Im Zeitraum von 60-80 Minuten nach Regenbeginn steht die Haltung demnach unter Druck. Das Wasser steigt im Schacht auf. Durch die Darstellung der maximalen Regenbelastung in Form dreidimensionaler Wasserspiegellinien (s. blauen Streifen in Abb. 3.2.1-3) ist sofort erkennbar, dass die Haltungen unter Druck stehen und die Schächte bis zur Markierung mit Wasser gefüllt sind. Ebenfalls werden durch die Darstellung der Wasserspiegellinie Überflutungssituationen abgebildet und die Umgebung gekennzeichnet, in der das Wasser stehen würde. Darüber hinaus ermöglichen die 3D Modelle inzwischen auch eine zeitliche Betrachtung des Regenereignisses mittels 4D Füllstandsimulationen.

Im Problemfall 3 ist selbst für Fachleute aufgrund der vielen Linien und Textfelder wenig zu erkennen. Hier hilft ein Blick in die 3D-Visualisierung (s. Abb. 3.2.1-5). Ein weiterer Vorteil im 3D Modell ist, dass sich zu jedem Objekt die zugehörigen Eigenschaften am Bildschirm anzeigen lassen. Somit entstehen keine Zweifel, welchen Durchmesser, welche Neigung und welche Länge eine Haltung hat. Das Zuordnen von Textfeldern zu Linien und das Übersetzen von Abkürzungen entfallen somit.

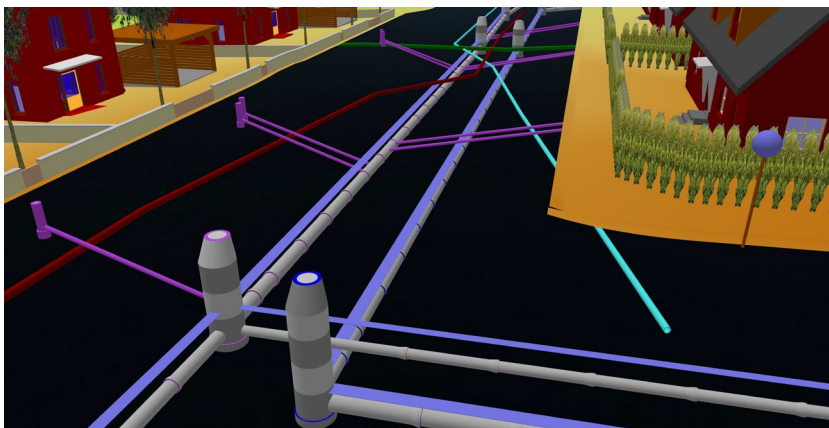


Abb. 3.2.1-511: Unterirdische Leitungsverläufe

Für all diese Problemfälle eignet sich natürlich auch die VR-Visualisierung. Mit card\_1 als CAD-Gesamtlösung für Vermessung, Infrastrukturplanung und BIM muss ein Anwender dafür nicht einmal sein Modell exportieren, sondern kann sich direkt in Echtzeit seinen aktuellen dreidimensionalen Planungsstand in der VR-Brille anzeigen lassen. Der Betrachter versetzt sich dabei sofort in die Lage, das Projekt so wahrzunehmen, als würde es schon um ihn herum existieren. Der Anwender entscheidet, ob der Auftraggeber und die Öffentlichkeit entlang einer vorab definierten Achse sich durch das Projekt bewegen (Fahrsimulation) oder ob der freie Flug durch die Planung genutzt wird, um potentielle Konfliktstellen noch genauer untersuchen zu können und Planungsfehler zu vermeiden.

Der Problemfall 4 beschreibt genau eine solche Konfliktstelle: Sowohl auf dem Plan, als auch in der 3D Projektansicht wird auf den ersten Blick nicht deutlich, ob sich die drei Leitungen der Versorger (Strom, Wasser, Gas) in einer Ebene kreuzen oder, wie man auf dem Bild und dem Plan erahnen könnte, die dunkelgrüne Leitung über den anderen Leitungen liegt (s. Abb. 3.2.1-2 und Abb. 3.2.1-5: Dunkelgrüne, dunkelrote und blaugrüne Leitungen). Erst eine Kanalbefahrung in der virtuellen Realität liefert das eindeutige Ergebnis, dass sich alle Leitungen kreuzen und somit geometrische Kollisionen vorliegen. Hierfür ist der Blick durch die VR-Brille unumgänglich.

### Erfahrungen

Durch die BIM-Methodik wird auch die 3D-Modellierung heutzutage zum Standard in der AEC-Branche. Dadurch haben wir ohne Mehraufwand nun die Möglichkeit, die vielfältigen Projekt-, Bestands- und Geodaten in der virtuellen Realität zu visualisieren. Die beiden Welten von BIM und GIS verzahnen miteinander und bringen den Projektbeteiligten einen erheblichen Mehrwert an Informationen, sodass entsprechende Analysen und Bewertungen zu fehlerfreieren Entscheidungen führen werden. Durch moderne Technologien kann sich jeder Beteiligte in das Projekt hineinversetzen, Planungsfehler erkennen und verständlich mit Auftraggebern, Projektbeteiligten und der Öffentlichkeit kommunizieren. Die ersten Betrachter der VR-Visualisierung sind begeistert und nutzen die Technologie bereits erfolgreich in ihren Projekten.



Abb. 3.2.1-6: VR-Anwendung card\_1

### 3.2.2 Digitale Geodaten – Gold des 21. Jahrhunderts nutzen

*Beitrag von Marius Reuters und Wahid Fazelly, IB&T Software GmbH*

Gemäß der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (AdV) ist die Vermessung in Deutschland Ländersache, repräsentiert durch Landesvermessung und Liegenschaftskataster. Das führt zu einer Vielfalt an angebotenen (Geo-)Daten und Datenformaten, sodass unterschiedliche Schnittstellen bereitstehen müssen. Mit der Einführung der BIM-Methode gewinnen auch die fachlichen, dreidimensionalen und konflikt-freien Bestandsmodelle an Bedeutung. Dies hat zur Folge, dass auch die Geobasisdaten für den BIM-Prozess aufgewertet werden müssen. Im nachstehenden Praxisbeispiel wird erläutert, wie man mit wenig Aufwand zu sehenswerten Ergebnissen kommt und ebenso der Nutzen amtlicher Geobasis- und Geofachdaten für den BIM-Prozess dargestellt. Dies erfolgt am Beispiel des etablierten Vermessungs- und Planungssystems card\_1, welches zahlreiche Schnittstellen und eine leistungsstarke Verwaltung großer Datenmengen für den Datenaustausch von Geodaten bietet.

#### **Planungsgrundlagen mit den vielfältigen Daten der Vermessungsverwaltungen schaffen**

Nicht nur die Vermessungsbehörden der Länder erweitern kontinuierlich ihr Angebot an Geobasisdaten, ebenso stehen auch qualitativ hochwertige Geofachdaten, wie beispielsweise die unterschiedlichen Schutzgebiete der Umweltbehörden, zur Verfügung. Zusammen mit dem Bestandsaufmaß mittels z.B. Tachymeter, GNSS oder Laserscanner sind amtliche Geodaten auch im BIM-Prozess die entscheidende Grundlage für die Planung von z.B. Verkehrswegen. Die Frage, ob und welche Geodaten Geld kosten oder über die Auftraggeber beschafft werden müssen, ist nicht einheitlich bzw. länderübergreifend geregelt. Aber auf nahezu allen online-basierten Geoportalen und Geodateninfrastrukturen (GDI) der Länder gibt es Testdaten, mit denen die Eignung und der Datentransfer getestet werden können. Im Folgenden werden die frei nutzbaren Geodaten (Datengrundlage für alle abgebildeten Grafiken: GDI-TH, Landesamt für Vermessung und Geoinformation Thüringen, Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0) des Landes Thüringen vorgestellt.

#### *Luftbilder/Orthophotos*

Luftbilder bzw. Orthophotos lassen sich wahlweise über den Download von TIFF-Dateien oder über WMS gewinnen.

In beiden Fällen sind die Daten georeferenziert, sodass die Einpassung ins Projektkoordinatensystem automatisch erfolgen kann. Durch Luftbilder werden Projekte nicht nur visuell aufgewertet, sondern liefern auch erste Erkenntnisse zur Umgebung und offenbaren mögliches Konfliktpotenzial (siehe Abbildung 3.2.2-1). card\_1 bietet Anwendern mit der sog. Hintergrundkarte die Möglichkeit, Rasterkarten der Länder oder Dienste wie TopPlusOpen des Bundes im Lageplan darzustellen, ohne diese vorab einzulesen.

#### *Topographische Karten*

Topographische Karten sind wahlweise als georeferenzierte TIFF oder über WMS-Dienste zu beziehen. Sie werden in den Maßstäben 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 und 1:100.000 bereitgestellt (siehe Abbildung 3.2.2-2). Der Abgleich von Planung und Bestand wird so vereinfacht.

#### *Höhendaten*

Einen detaillierten Überblick über die Höhensituation geben die XYZ-Rasterdaten mit Höhenpunkten im 1-m-Raster oder 5-m-Raster bzw. das aus den 3D-Koordinaten direkt abgeleitete Geländemodell (DGM). Dabei werden die Rasterpunkte in den für die Planung optimierten Datenverwaltungssystemen vorgehalten (siehe Abbildung 3.2.2-3). Die dreidimensionale Abbildung des Geländes ist nicht nur für Verkehrsinfrastrukturprojekte eine zwingende Grundlage, sondern wird auch in Zukunft bei Hochbauprojekten an Bedeutung gewinnen. Die 3D-Aufbereitung der Höhendaten für den BIM-Prozess eröffnet vor allem den Vermessern ein neues Geschäftsfeld.

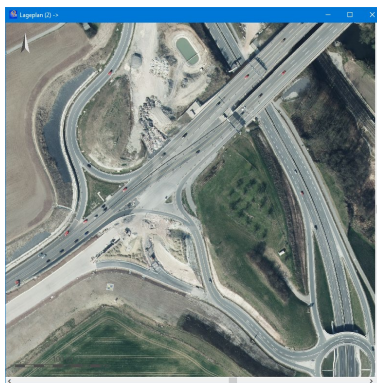


Abb. 3.2.2-1: Luftbild mit 20 cm Bodenauflösung.

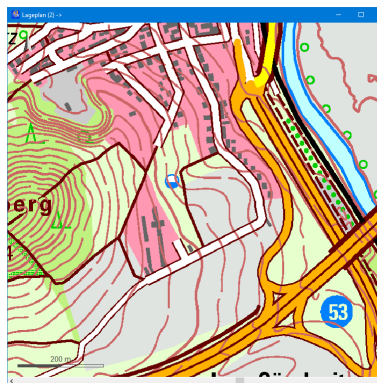


Abb. 3.2.2-2: Topographische Karte 1:10.000, TK10.

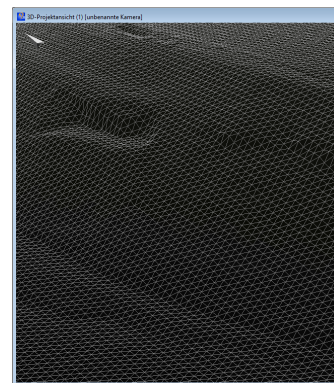


Abb. 3.2.2-3: DGM aus XYZ-Datei mit 1-m-Gitterabstand in der 3D-Ansicht.

### Klassifiziertes Straßennetz

Die Straßenverläufe werden als ATKIS-Shape-Dateien und über WFS angeboten, was die einfache Übernahme als Topographielinien ermöglicht (siehe Abbildung 3.2.2-4). Anhand der differenzierten Klassifizierung erhöht sich ebenfalls die Planungsqualität.

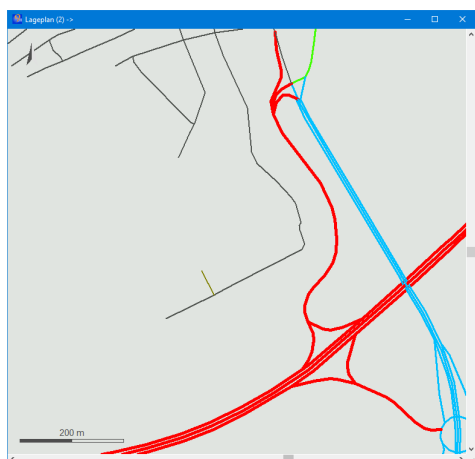


Abb. 3.2.2-4: Klassifiziertes Straßennetz, Linienanwendung über Nebenattribute.

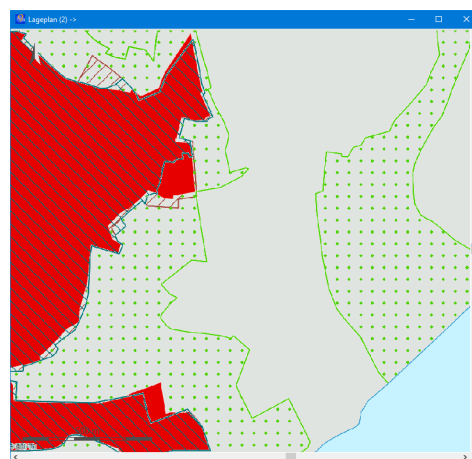


Abb. 3.2.2-5: Schutzgebiete SPA, FFH, NSG, LSG und Wasserschutzzone.

### Schutzgebiete

Schutzgebiete aller Art, etwa FFH-Gebiete, Wasser- und Naturschutzgebiete, sind per WMS, WFS oder als Shape-Daten verfügbar. Die bei WFS und Shape verfügbaren Attribute wie Schutzgrad, Namen und gesetzliche Bestimmungen, werden in card\_1 zusätzlich zur Geometrie verwaltet und stehen bis hin zur Planerzeugung zur Verfügung (siehe Abbildung 3.2.2-5). Im BIM-Prozess wird die Kommunikation mit Projektbeteiligten noch wichtiger. Das Einbinden der verschiedenen Schutzgebiete in die Bestandserfassung ermöglicht die gewünschte modellbasierte Kommunikation mit den verschiedenen Ämtern und Behörden.

### Kataster

Flurstücke und Gemarkungen lassen sich wahlweise als ALKIS-NAS, Shape oder per WFS herunterladen. Im Fall des Grunderwerbs sind separat Grundbuchdaten anzufordern, für die eine Berechtigung vorliegen muss (siehe Abbildung 3.2.2-6). Die Anwender visualisieren dann hier auch schon mal über „virtuelle Grundstücksmauern“ eine „Kollision“ mit einer Planung.

### 3D-Gebäude

Gebäude als 3D-Objekte sind mittlerweile nahezu flächendeckend im Level of Detail 1 (LOD1 – Quader mit flachem Dach) und vielerorts bereits im LOD2 (inkl. Dachformen) verfügbar. Über den CityGML-Import lassen sich die Daten in card\_1 direkt als 3D-Bauwerke (siehe Abbildung 3.2.2-7) mit dazugehörigen Attributen einlesen. Die Darstellung der Gebäude ermöglicht unter anderem eine qualitativ sehr hochwertige Berechnung der Sichtweiten und stellt die Schnittstellen zwischen Hoch- und Tiefbau visuell dar.

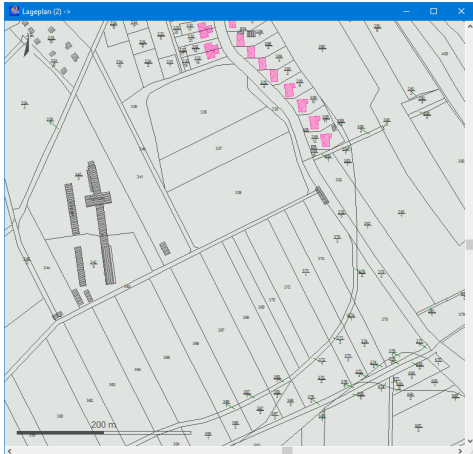


Abb. 3.2.2-6: Flurstücke und Gebäude, Linien und Texte in Codedarstellung.

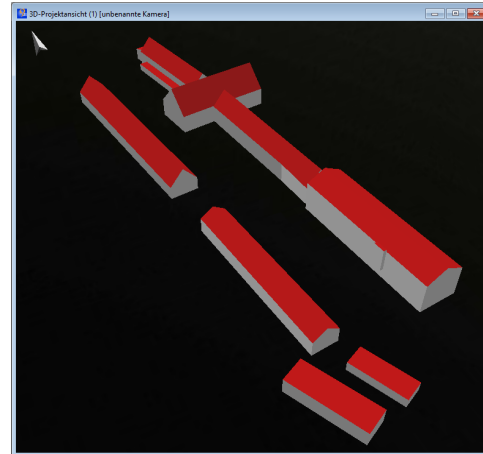


Abb. 3.2.2-7: Gebäude aus CityGML-Datei als Bauwerke in der 3D-Projektansicht.

### Die Kombi macht es

Interessant wird es, wenn diese Daten kombiniert werden, denn dadurch entsteht zum einen der gewünschte räumliche Eindruck, zum anderen werden Konfliktpotenziale sichtbar, etwa zwischen Schutzgebieten und geplanten Trassen (siehe Abbildung 3.2.2-8). 3D-Gebäude, Raster-DGM und Luftbild lassen sich in card\_1 hervorragend miteinander kombinieren. Mit den Luftbildern, die auf das Geländemodell gemappt werden, und den 3D-Gebäuden entsteht ein realistischer Eindruck der Situation (siehe Abbildung 3.2.2-9). Wenn zusätzlich das aufbereitete Bestandsaufmaß, Punktwolken-daten sowie die Planungsergebnisse in der 3D-Ansicht angezeigt werden, werden dem Betrachter die Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Umwelt plastisch vor Augen geführt, und das – ganz im Sinne von BIM – nämlich noch, bevor mit dem Bau begonnen wird.

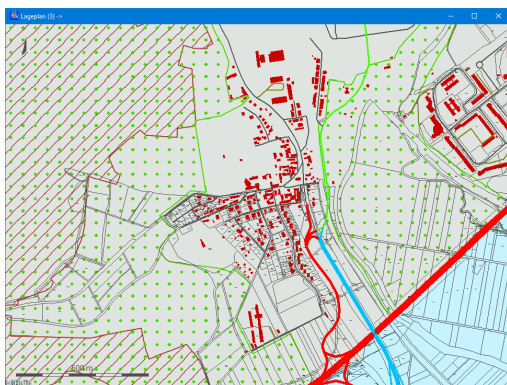


Abb. 3.2.2-8: Überlagerung von Schutzgebieten, CityGML-Gebäuden, Flurstücken und Straßennetz in der Lageplanansicht.



Abb. 3.2.2-9: Kombination aus DGM mit Luftbild auf der Oberfläche und 3D-Gebäuden in der 3D-Projektansicht.



### 3.2.3 Landschaftsplanung und BIM – Praxisbeispiel aus dem Straßenbau +

*Beitrag von Johannes Gnädinger, Christine Saala und Lisa Bareiss*

#### Problemstellung und Ziel

Jedes Bauwerk liegt in einem räumlichen Gesamtkontext, der im Rahmen der Landschafts- und Umweltplanung betrachtet und im GIS analysiert wird. Die Integration des BIM-Bauwerks in die GIS-Umgebung ermöglicht Umweltanalysen wie z. B. die Eingriffsbilanzierung und die damit mögliche Planungsoptimierung zur Minimierung von Auswirkungen auf die Umgebung (Abbildung 3.2.3-112). Hier zeigt sich der Nutzen eines frühzeitigen und intensiven interdisziplinären Datenaustausches.

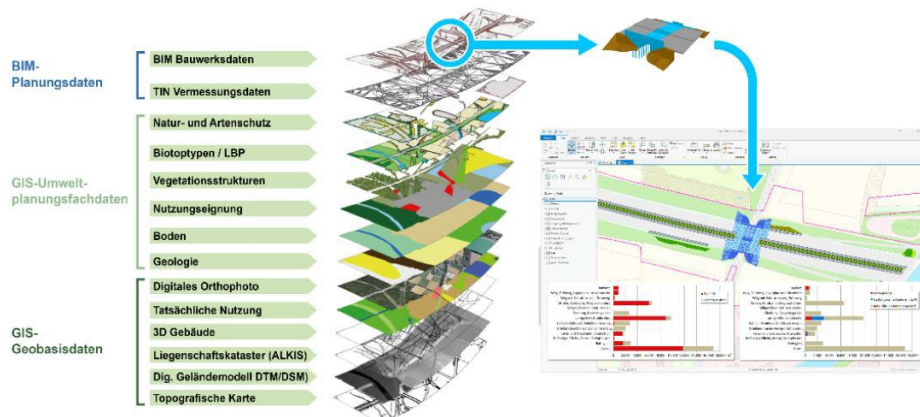


Abbildung 3.2.3-112: Das Bauwerk im räumlichen Gesamtkontext, mit Geobasis- und Fachdaten im GIS und mit Prüfung der Umweltwirkungen (psu).

Mittlerweile ist die Landschaftsplanung aufgrund der inzwischen vorhandenen technischen Möglichkeiten zur Transformation von GIS-Daten in das IFC-Format (und umgekehrt) sowie des inzwischen verfügbaren buildingSMART-Objektklassenkatalogs in der Lage, sich umfassend an der BIM-Kollaboration zu beteiligen. Mit dem vorliegenden Beitrag wird am Beispiel eines BIM-Pilotprojektes in der Straßenplanung ein praxisnaher Einblick in die aktuelle Entwicklung der BIM-Methode im Bereich der Landschaftsplanung gegeben (Taeger 2022; Gnädinger & Roth 2021).

#### Durchführung und Lösungsweg

Jeder Phase im gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks oder eines Infrastrukturprojektes, von Entwurf über Planung und Ausführung bis hin zu dessen Betrieb und schließlich zu Umbau bzw. Rückbau, lassen sich Phasen aus der Landschaftsplanung zuordnen. Der BIM-GIS-Zyklus der Landschaftsplanung (Abbildung 3.2.3-22) zeigt das geplante Bauwerk im Zentrum, umgeben von typischen BIM-Phasen und Arbeitsschritten. Die Genehmigungsplanung nimmt in der Landschaftsplanung meist einen großen Raum ein und kann mehrere Instrumente umfassen. Entscheidend ist der interdisziplinäre Datenaustausch und Datentransfer innerhalb



Abbildung 3.2.3-13: BIM-GIS Zyklus der Landschaftsplanung (psu).

des integrierten BIM-GIS-Umweltplanungsprozesses (Herle et al. 2022). Diese Transformation erfolgt über den Datenaustauschstandard IFC.

Im hier vorgestellten BIM-Pilotprojekt erfolgte der Datenaustausch über eine Projektplattform (Common Data Environment, CDE). Im Projekt wurden sowohl 3D-Daten aus der CDE wie z. B. die Trassenplanungen ins GIS übernommen und für weitere Analysen aufbereitet (zur Referenzierung in BIM vgl. Jaud et al. 2022), als auch GIS-Daten wie z. B. Fundpunkte aus der faunistischen Kartierung inklusive der semantischen Informationen des jeweiligen Fundes als IFC-Objekte in das 3D-Modell auf der CDE integriert (Abbildung 3.2.3-3143). Dabei wurden die 3D-Objekte durch Zuweisung der Höhe aus dem DGM (Digitales Geländemodell) erzeugt und anhand eines Attributes eingefärbt. Die Attributierung erfolgte über den neuen Standard buildingSMART Objektklassenkatalog Landschaft (Brückner et al. 2022; buildingSMART 2023).

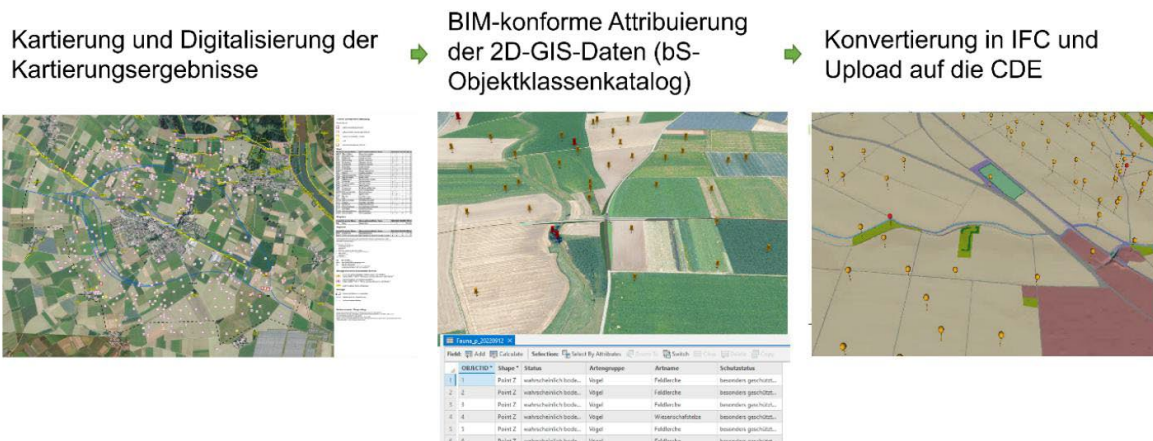


Abbildung 3.2.3-314: Umsetzung der 2D-Firma-Fundpunkte ins 3D-Modell

Im Rahmen der Umweltplanung wurde für das Schutzgut Landschaftsbild mittels einer 3D-Analyse berechnet, wie sich die Einsehbarkeit der landschaftlichen Weite durch die Dammbauwerke der Planungsvarianten reduziert (Abbildung 3.2.3-4154). Die unterschiedlichen Ergebnisse machen den Nutzen des 3D-Modells unmittelbar deutlich.

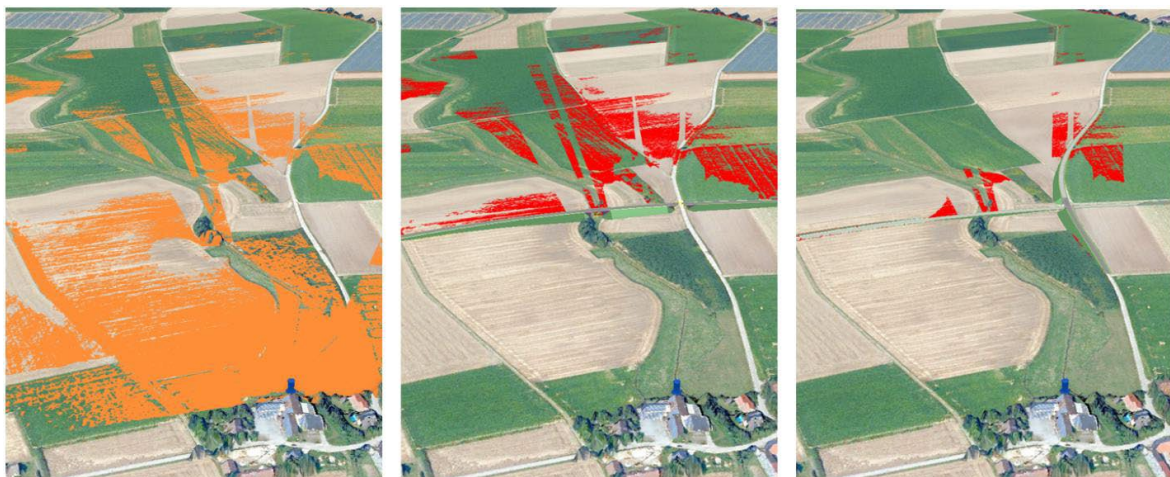


Abbildung 3.2.3-415: 3D-Sichtbarkeitsanalyse und Veränderung des Sichtfeldes. Links: Bestands-situation. Mitte: Sichtbarkeitsverlust bei Planungsvariante 1. Rechts: Sichtbarkeitsverlust bei Planungsvariante 2 (psu).

Im Zuge der GIS-Bearbeitung wurden aber auch Karten erstellt, deren Inhalte nicht aus dem 3D-Modell abgeleitet, sondern von vornherein nur in 2D erstellt wurden. Gründe hierfür waren, dass die Planinhalte (noch) keinen besonderen Mehrwert in einer dritten Dimension aufwiesen und die offiziell verfügbaren Bestandsdaten nur in 2D zur Verfügung standen. Aus den gleichen Gründen wurden auch viele GIS-Analysen in 2D durchgeführt. Es zeigt sich also, dass 3D- und 2D-Ergebnisse teilweise noch komplementär nebeneinander existieren.

### **Erfahrungen und Fazit**

Das Ziel, die Landschaftsplanung in die BIM-Kollaboration einzubinden und damit einen planerischen Mehrwert zu erzielen, wurde erreicht. Die 3D-Resultate bieten eine größere Anschaulichkeit und Nachvollziehbarkeit und zeigen bereits ihren Mehrwert. Weitere Vorteile werden mit 4D (und darüber hinaus) erwartet. Um die potenziellen Mehrwerte für unterschiedliche Schutzgüter und Schutzgutaspakte zu ermitteln und den Nutzen von 3D- versus 2D-Inhalten weiter herauszuarbeiten ist aber noch Entwicklungsarbeit notwendig (Nikologianni al. 2022).

Die Landschaftsplanung ist nun technisch in der Lage, auf Augenhöhe in der BIM-Kollaboration mitzuwirken und sollte dies zügig weiterentwickeln. Eine gesonderte, auch verfahrensbezogene Frage ist, inwieweit auch in Zukunft 2D-Pläne benötigt werden.

Im Weiteren sind Produkte und Workflows im BIM-Zyklus (vgl. Abbildung 3.2.3-23, s. a. Brückner et al. 2019) systematisch zu erarbeiten (Planungsinstrumente, BIM-Phasen, Leistungsphasen etc.). Darüber hinaus sind neue digitale Erfassungsmethoden, Analysewerkzeuge und Visualisierungen zur Schaffung von Mehrwerten – immer im Sinne einer besseren Landschafts- und Umweltqualität – zu testen und einzubeziehen.

### **Literatur**

- Bareiss, L., Saala, C. & Gnädinger, J. (im Druck): GIS und BIM am Beispiel von Infrastrukturprojekten. – In: Pietsch, M. & Henning M. (Hrsg.): GIS in Landschaftsarchitektur und Umweltplanung.
- Brückner, I., Maßling, N., Wozniak, M., & Thieme-Hack, M. (2019): BIM-Workflow für Landschaftsarchitekten: Ein Praxisbeispiel. Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach.
- Brückner, I., Pietsch, M., Saala, C., Gnädinger, J., Taeger, S., & Schroth, O. (2022): Entwurf für einen BIM-Objektklassenkatalog Landschaft\_Freianlage (unveröffentlicht).
- buildingSMART Deutschland (2023): BIM-Objektklassen der Verkehrswege 2.0. Vorstandardisierungsarbeit der buildingSMART FG Verkehrswege und Landschaftsarchitektur. bSD, Berlin.
- Gnädinger, J. (2024): Landschaftsplanung und BIM – Aktuelle Entwicklungen, Benefits und Umsetzung im Projekt. In: FLL-Fachtagung BIM in der LA 2024: 37-45.
- Gnädinger, J. & Roth, G. (2021): Applied Integration of GIS and BIM in Landscape Planning. – JoDLA Journal of Digital Landscape Architecture 6-2021. Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach: 324-331.
- Herle, S., Becker, R., Wollenberg, R., & Blankenbach, J. (2020): GIM and BIM: How to Obtain Interoperability Between Geospatial and Building Information Modelling? In: PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, 88 (1), 33-42.
- Jaud, Š., Clemen, C., Muhič, S., & Borrmann, A. (2022): Georeferencing in IFC: Meeting the requirements of infrastructure and building industries. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, X-4/W2-2022, 145–152.
- Nikologianni, A., Mayouf, M., & Gullino, S. (2022): Building Information Modelling (BIM) and the impact on landscape: A systematic review of evolvments, shortfalls and future opportunities. In: Cleaner Production Letters, 3, 100016.
- Taeger, S. (2022): The BIM Method. University of Applied Sciences Osnabrück (unveröffentlichte Präsentation).

### 3.2.4 Verknüpfung von BIM, GIS und LCAs - Automatisierte Ökobilanzierung von georeferenzierten BIM-Modellen mit 3D Ergebnisvisualisierung in einer GIS-Umgebung +

Beitrag von Felix Hermann

#### Problemstellung/Ziel

Die Welten von BIM und GIS werden im Infrastrukturbau immer häufiger zusammengeführt. Insbesondere bei großflächigen Infrastrukturprojekten haben die geografischen Gegebenheiten einen entscheidenden Einfluss auf sämtliche Planungsaspekte. GIS-Systeme, die Kartendaten in digitalisierter Form enthalten, werden dabei über die Georeferenzierung der BIM-Modelle mit diesen verknüpft und sind so für Analysen nutzbar. Auch für die BIM-basierte Ökobilanzierung ergeben sich daraus Vorteile. GIS-Systeme liefern Informationen, die die Genauigkeit von Ökobilanzen (Life Cycle Assessment, LCA) in allen Planungsphasen verbessern. Zudem lassen sich die Bilanzergebnisse im Kontext zur Umgebung in GIS-Systemen visualisieren.

In der aktuellen Baupraxis haben LCAs noch nicht den erforderlichen Stellenwert, um beispielsweise graue Emissionen signifikant zu reduzieren. Sie werden häufig erst in den Endphasen eines Projekts wegen Zertifizierungsanforderungen und aufgrund ihres hohen Arbeitsaufwands und der Komplexität angewendet. Dadurch werden umweltrelevante Entscheidungen oft erst spät im Planungsprozess getroffen, wenn das Potenzial zur Reduzierung von Umweltauswirkungen nur noch gering ist.

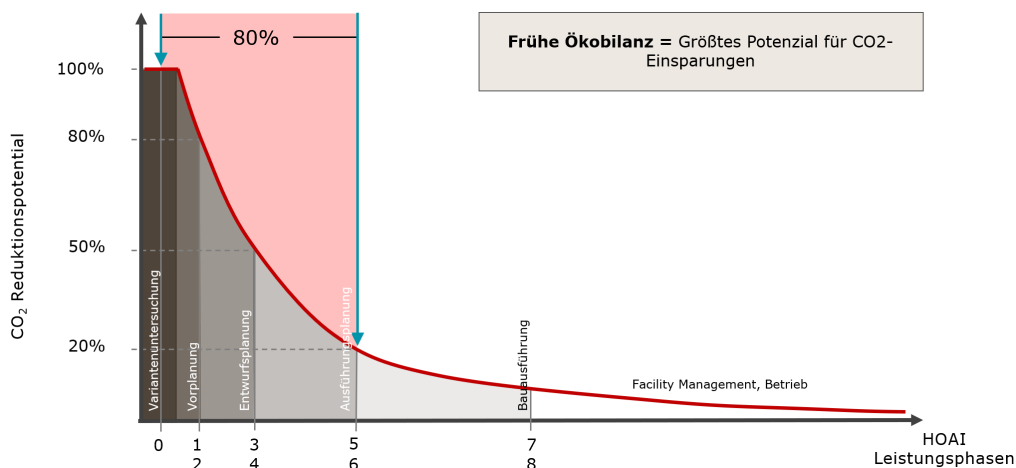


Abb. 3.2.4-1: Potenzial zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen im Projekterlauf (Quelle: AFRY)

Als digitale Planungsmethode bietet BIM die Möglichkeit, den Datenerfassungsaufwand für LCA-Berechnungen erheblich zu reduzieren. Derzeit verfügbare BIM-basierte Ökobilanz-Tools sind in ihrer Kapazität begrenzt und können nur eine begrenzte Anzahl von BIM-Modellen verarbeiten, was bei Projekten mit mehreren hundert Modellen (häufig in Infrastrukturprojekten) zu Problemen führt.

Der Trend zu openBIM-Ansätzen und die Nutzung des IFC-Standards ermöglichen eine breitere und flexiblere Anwendung von LCAs, unabhängig von proprietären Datenaustauschformaten der BIM-Modelle. AFRY Deutschland hat sich daher zum Ziel gesetzt, eine Methode für IFC-BIM-basierte Ökobilanzen zu entwickeln, die den gesamten Planungsprozess, auch bei umfangreichen Projekten, abdeckt und die Vorteile einer Verknüpfung mit GIS-Systemen bietet.

### Durchführung/Lösungsweg

Im Rahmen eines Forschungsprojekts hat AFRY Deutschland eine innovative Methode entwickelt, die eine effiziente Ökobilanzierung über alle Projektphasen hinweg ermöglicht, selbst bei umfangreichen Projekten. Die Methode zeichnet sich durch einen hohen Automatisierungsgrad und die nahtlose Integration von BIM-, GIS- und LCA-Daten aus, was sie von bisherigen Technologien unterscheidet.

Die Methodik umfasst die semantische und geometrische Verarbeitung von IFC-Modellen, die Berechnung der Umwelteinwirkungen und die Visualisierung der Ergebnisse. Alle Prozesse laufen automatisch unter Anwendung der ETL-Software (Exchange, Transform, Load) FME Form ab.

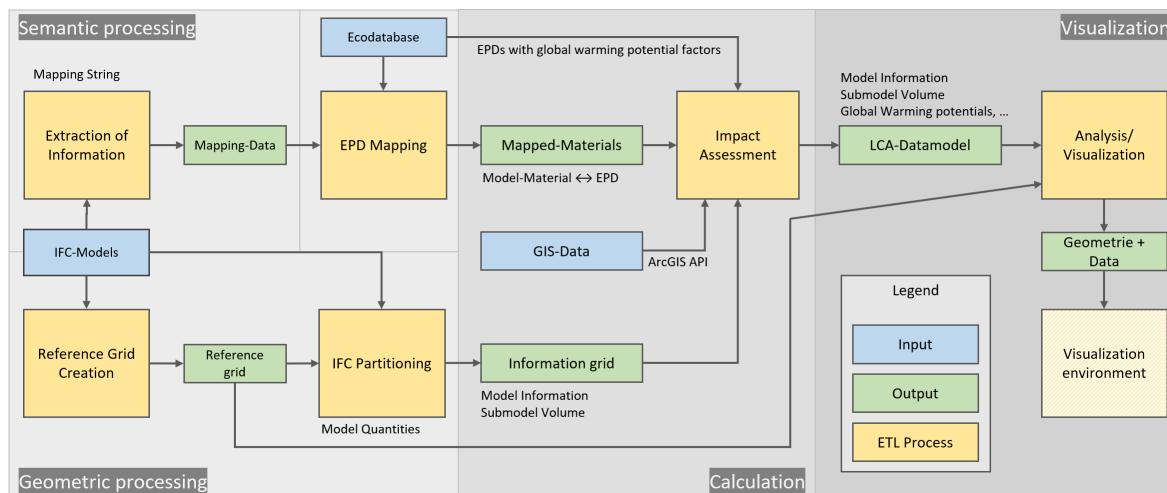


Abb. 3.2.4-2: Prozessarchitektur der von AFRY entwickelten Methode zur Ökobilanzierung mit den Teilprozessen ‚Extraction of Information‘, ‚EPD Mapping‘, ‚Reference Grid Creation‘, ‚IFC Partitioning‘, ‚Impact Assessment‘ und ‚Analysis/Visualization‘ (Quelle: AFRY)

Das Ziel des ‚Semantischen Processings‘ ist es, die Informationen der IFC-Modelle und der Umweltproduktdeklarationen (EPDs) aus Ökodatenbanken miteinander zu verknüpfen. Dadurch können den IFC-Objekten Wirkungsindikatorwerte zugeordnet werden.

Im Rahmen des ‚Geometrischen Processings‘ erfolgt die geometrische Verarbeitung der IFC-Modelle. Dabei werden diese in Rasterbereiche von 3 x 3 Metern unterteilt, was eine detaillierte Untersuchung von Umweltauswirkungen innerhalb eines Modells und zwischen verschiedenen Modellen ermöglicht. Der Prozess basiert auf georeferenzierten IFC-Modellen. Von diesen wird ein Referenzraster abgeleitet, das für die Segmentierung der BIM-Modellgeometrien in Teilmodelle dient. Nach der Segmentierung werden Quantitäten jedes Teilobjekts nativ im ETL-Prozess berechnet und in einem Datenmodell zusammen mit Informationen aus dem ‚Semantischen processing‘ und den Koordinaten der Teilobjekte gespeichert.

Im ‚Impact Assessment‘ wird der Umwelteinfluss jedes Teilobjekts anhand der zugeordneten Wirkungsindikatorfaktoren aus den EPDs und den berechneten Teilmodellquantitäten ermittelt.

Dabei werden über die georeferenzierten BIM-Modelle GIS-Daten integriert, sodass präzise Informationen zu den örtlichen Gegebenheiten in die LCAs einfließen und diese aussagekräftiger machen. Diese Daten spielen eine wichtige Rolle bei der Ökobilanzierung und sind vor allem in frühen Planungsphasen entscheidend, wenn diese Daten normalerweise nicht zur Verfügung stehen, das Potenzial zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen jedoch am größten ist.

Über die Koordinaten der Teilmodelle können beispielsweise Bodentypenkarten für die Bilanzierung von Erdmassenbewegungen herangezogen werden. Mithilfe dieser Daten lässt sich präziser ermitteln, welche Emissionen durch Erdarbeiten und konstruktive Maßnahmen verursacht werden. Dadurch können die Informationen zu Bodengegebenheiten aus GIS-Systemen bereits in frühen Planungsphasen ein genaueres Bild der Treibhausgasemissionen liefern.

In späteren Planungsphasen lassen sich durch die Verknüpfung mit GIS-Systemen Routingservices nutzen, um die Emissionen zu ermitteln, die durch den Transport von Materialien entstehen. Auf dieser Grundlage können im Ausschreibungsprozess Empfehlungen ausgesprochen werden, aus welchem Umkreis Materialien bezogen werden sollten, um die berechneten Umweltauswirkungen nicht zu überschreiten.

Auch beim letzten Prozess ‚Analyse/Visualisierung‘ bringt die Verknüpfung mit GIS erhebliche Vorteile. Je nach Möglichkeiten der Visualisierungsumgebung wird ein dreidimensionales Ergebnismodell auf Basis der ermittelten Umwelteinwirkungen aller Teilmodelle und dem Referenzraster erstellt. Die Kacheln des Referenzgitters werden vertikal im Verhältnis zur Summe der Umwelteinwirkungen aller Teilmodelle extrudiert. Gestapelte Säulen stellen gemäß den verschiedenen LCA-Phasen beispielsweise Treibhausgasemissionen über die LCA-Phasen hinweg dar. So können diese Visualisierungen den Projektbeteiligten insbesondere in der Kommunikation mit Auftraggebern, Politik und Öffentlichkeit die Umwelteinwirkungen ihres Projektes verdeutlichen.

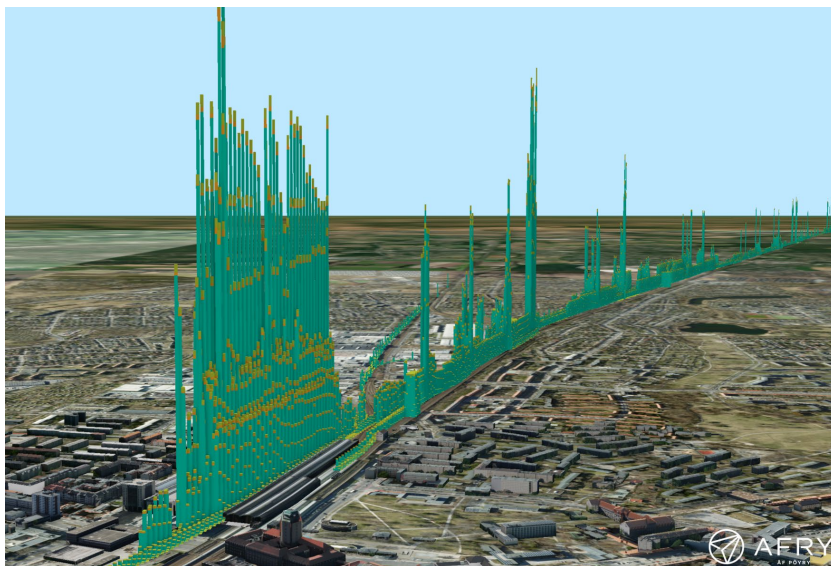


Abb. 3.2.4-3: Verknüpfung BIM-basierter Ökobilanzierung mit GIS ermöglicht Visualisierung im Kontext der Umgebung (Quelle: AFRY)

### **Erfahrungen/Fazit**

Die vorgestellte, von AFRY entwickelte Methode zur Ökobilanzierung ermöglicht es den Projektbeteiligten, kritische Umwelt-Hotspots und Bereiche mit Optimierungspotenzial in ihren Projekten auf einen Blick zu identifizieren. Damit schließt sie die Lücke einer effizienten, automatisierten und präzisen BIM-basierten Ökobilanzierung in der Baubranche.

Gerade im Infrastrukturbereich werden Ökobilanzen zur Bewertung der ökologischen Qualität von Planungen eine zunehmend größere Rolle spielen. Diese Methode ermöglicht AFRY, die steigende Nachfrage nach präzisen und effizienten Ökobilanzen im Infrastrukturbereich zu bedienen.

## Literatur

Braune, A., & Durán, C. R. (2018). Leitfaden zum Einsatz der Ökobilanzierung. *DGNB LEITFADEN*, 2-8.

Center Building and Infrastructure Engineering. (2. März 2022). Nachhaltigkeitsbewertung von Verkehrsinfrastruktur außerorts. Von RWTH Aachen Campus: <https://cbi.rwth-campus.com/projekte/nachhaltigkeitsbewertung-von-verkehrsinfrastruktur-ausserorts/> abgerufen

Gibbons, O. P., Orr, J., Archer-Jones, C., Arnold, W., & Green, D. (2022). How to calculate embodied carbon (HCEC) (Bd. 2nd edition). London, United Kingdom: The Institution of Structural Engineers.

Noardo, F., Ohori, K. A., Stoter, J., Biljecki, F., Krijnen, T., Ellul, C., & Harrie, L. (2019). *Reports about the tools for converting IFC to CityGML and CityGML to IFC delivered within the GeoBIM benchmark 2019 - Task 4*. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences. Von <https://3d.bk.tudelft.nl/projects/geobim-benchmark/presentations-publications.html> abgerufen

Wastiels, L., & Decuyper, R. (2019). Identification and comparison of LCA-BIM integration strategies. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 323, S. 11-14. Graz: IOP Publishing Ltd

### 3.2.5 Georeferenzierung vs. lokale Systeme am Beispiel der DB InfraGO AG Personenbahnhöfe +

Beitrag von Dipl.-Ing. (FH) Paul-Christian Max, Leiter Digitale Transformation

#### Problemstellung

Bei der Planung von Infrastrukturprojekten gehört die Verwendung von georeferenzierten Koordinatensystemen wie z. B. das DB\_REF2016 der DB AG zum Standard. Seit November 2022 gibt es darüber hinaus auch sogenannte „VA-Systeme“ der DB Personenbahnhöfe als Planungsvorgabe, die eine höhere Übereinstimmigkeit mit der Realität im Bereich der Verkehrsstationen gewährleisten sollen. Jedoch stellt sich die Frage, ob diese Änderung im Planungsprozess gewinnbringend ist oder nicht eher ein Qualitätsrisiko und höheren vermeidbaren Aufwand für die planenden Ingenieure darstellt.

Solange noch kein Software-Tool in der Lage ist auf einer der Realität entsprechenden digitalen Erdoberfläche direkt in 3D zu planen wird es durch das Thema Transformation immer wieder zu Problemen kommen. Dabei ist die grundsätzliche Entscheidung zu treffen, entweder mit korrekten Koordinaten oder mit realen Längen zu arbeiten. Beides lässt sich nicht in einem Koordinationsmodell umsetzen, weil die projizierten Daten zu Verzerrungsproblemen führen, wie beispielsweise in Abbildung 3.2.5-1 dargestellt.

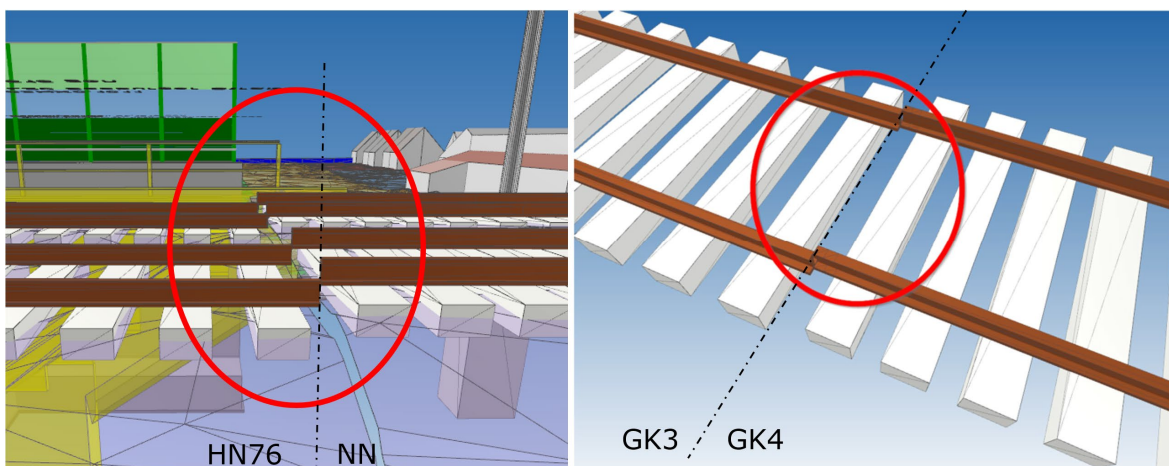


Abb. 3.2.5-1: Beispiele für Sprünge im Höhensystem (links) und im Lagesystem (rechts) in Projekten

#### Hintergrund

Das DB\_REF2016 ist gem. Ril 883.2500 Kap. 2 das geodätische, dreidimensionale Koordinatenreferenzsystem für den Geschäftsbereich Fahrwege der DB InfraGO AG und damit eine maßgebliche Grundlage für die Planung der Netzinfrastruktur. Das zugehörige Festpunktfeld ist einheitlich, deutschlandweit anforderungsgerecht und sehr präzise. Darüber hinaus wird von dem Geschäftsbereich Personenbahnhöfe der DB InfraGO AG ein lokales Koordinatensystem für Personenbahnhöfe (VA-System) für die Planung von Verkehrsstationen empfohlen. Die Unterschiede der Systeme sind in Abbildung 3.2.5-2 dargestellt.

Mit dem VA-System sollen die zum Rand des Meridianstreifens zunehmenden Längenverzerrungen minimiert werden, um die dreidimensionale Planung und Ingenieurvermessung ohne systematische Abweichungen gemeinsam in einer Planungssoftware nutzen zu können. Für die Planung von Großprojekten würde, aus unserer Sicht, dieser Ansatz jedoch dazu führen, dass alle Geobasis- und Planungsdaten in beiden Systemen erzeugt, d. h. doppelte Daten generiert werden müssten. Bei meh-



renen Stationen im Projektgebiet sogar entsprechend mehrfache Daten. Solche zusätzlichen Transformations- bzw. Umformungsschritte, die durch den Einsatz von mehreren Systemen in der Planung entstehen, bergen erfahrungsgemäß die Gefahr, dass die Anwendung nicht korrekt umgesetzt wird aufgrund mangelnder Erfahrung der beteiligten Personen bzw. den begrenzten Möglichkeiten der zur Verfügung stehenden Tools. Wird mit mehreren Systemen in einem Projekt geplant sind häufig inkonsistente Daten und damit eine geringere Datenqualität die Folge.

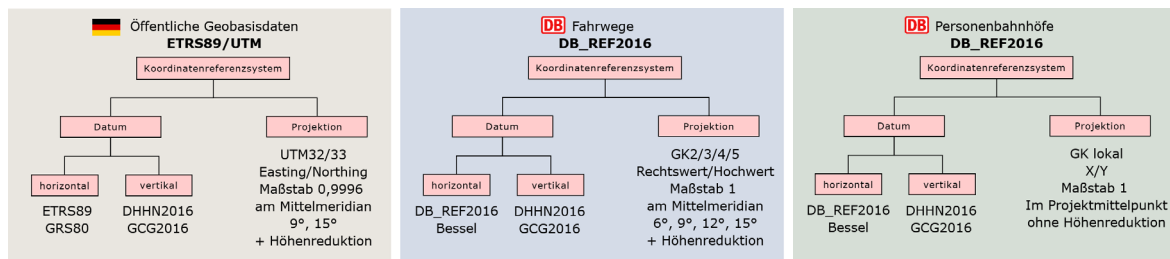


Abb. 3.2.5-2: Übersicht der in Deutschland standardisierten Referenzsysteme

Dabei ist anzumerken, dass das georeferenzierte DB\_REF2016 in der Vergangenheit sowohl bei der Planung als auch bei der Bauausführung von großräumig ausgedehnten Projekten seine zuverlässige Anwendung unter Beweis gestellt hat. Sofern man alle Geobasis- und Vermessungsdaten nach DB\_REF2016 transformiert, bieten diese Grundlagen für die Planung keine weiteren Berührungspunkte mit Transformationsprozessen. Dies vereinfacht den Planungsablauf, reduziert das Fehlerisiko und liefert konsistente Daten.

### Praxiserfahrung und Nachteile des VA-Systems

Aus diesen Gründen schätzt das Ingenieur-, Design- und Beratungsunternehmen AFRY mit seiner langjährigen Erfahrung das VA-System als wenig praxistauglich bei Infrastruktur-Großprojekten ein und rät derzeit von einer Verwendung in diesen Projekten ab. Folgende Gründe sind hierbei ausschlaggebend:

- Qualitätsrisiko und Mehraufwand aufgrund von mehrfacher Datenhaltung
- Zusätzliche Umformungsprozesse für Vermessungskordinaten und Modelle während der Planung nötig
- Die VA-Systeme sind nur für Projekte mit geringen Ausdehnungen gedacht, wie Verkehrstationen, Ingenieurbauwerke und Gebäude, das DB\_REF2016 kann auch für Großprojekte genutzt werden.
- Eine konsistente Datenhaltung bzw. Koordination mit der Kombination von DB\_REF2016 und VA-System ist administrativ aufwendig, wenn DB InfraGO Fahrwege und Personenbahnhöfe gleichzeitig in Projekten beteiligt sind.
- Kombinierte Modelle, z. B. Verkehrstationen mit VA-System (Maßstab 1) und Streckenmodelle mit DB\_REF2016 (Maßstab variabel), würden aufgrund unterschiedlicher Verzerrungen geometrisch überlappen und damit eine Kollisionsprüfung unmöglich machen.
- Einige BIM-Softwaresysteme haben die VA-Umformung bereits implementiert, aber die VA-Systeme haben keine EPSG-Codes und können daher nicht automatisch von allen Tools (BIM-Autoren-, BIM-Koordinations-Software) erkannt und interpretiert werden.
- Die Parameter der VA-System können ab IFC4.3 standardisiert gespeichert werden, nicht aber in IFC2x3 bzw. IFC4.
- DB Ril 883.2500 Kap. 2 ist höherwertig anzusehen als die Vorgaben der DB InfraGO Personenbahnhöfe.

### Durchführung/Lösungsweg

Im projektspezifischen BIM Abwicklungsplan (BAP) sind ein Lage- und ein Höhensystem anzugeben (z. B. DB\_REF2016 oder das VA-System). Für den Bauwerksreferenzpunkt sollte eine georeferenzierte Koordinate (Lage und Höhe) innerhalb des Projektgebietes gewählt werden, um eine geometrische Koordination der räumlich getrennten Teilmodelle zu gewährleisten. Dieser Basispunkt funktioniert als Offset und entspricht damit dem Nullpunkt des BIM/CAD Systems. Darüber hinaus ist ein im Hochbau (d. h. bei lokalen Systemen) üblicher Projektreferenzkörper an einer einheitlichen Geoposition im Gesamtprojekt, das aus vielen Teil- und Fachmodellen besteht, in georeferenzierten Modellen nicht erforderlich. Die Koordination erfolgt über die georeferenzierten Koordinaten (siehe Abbildung 3.5.3-3).

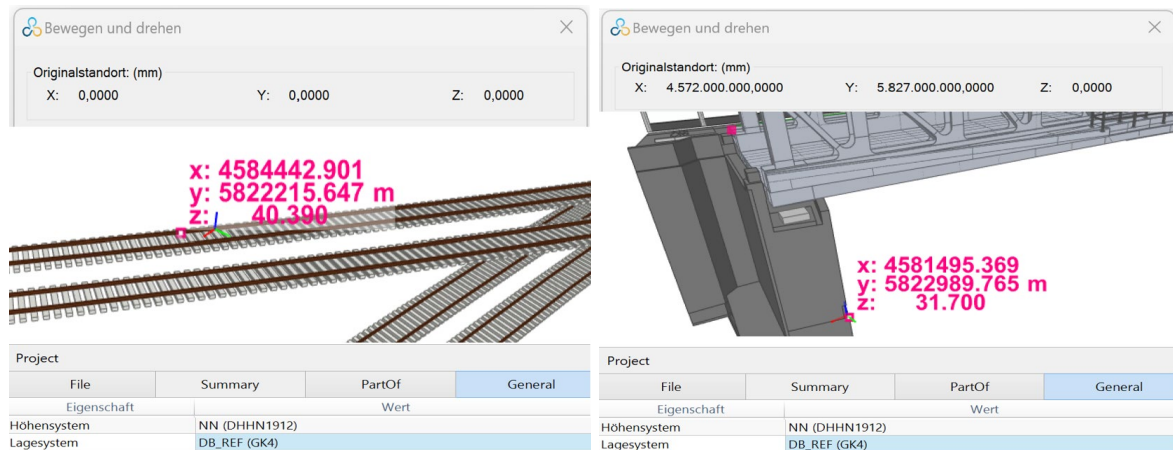


Abb. 3.5.3-3: Exportierte georeferenzierte Koordinaten in IFC mit DB\_REF2016 aus einem Trassen-Tool ohne Projektbasispunkt (links) und aus einem Hochbau-Tool mit Projektbasispunkt-Offset (rechts)

Da erst ab der IFC Version 4.0 eine standardisierte Eingabe von Referenzsystemen (CRS) möglich ist und nicht alle Tools diese Möglichkeit überhaupt anbieten, hat AFRY einen BIM Standard entwickelt, der diese Informationen in einem eigenen ePSet „General“ mit den zugehörigen Eigenschaften „Lagesystem“ und „Höhensystem“ auf IFC-Project-Level definiert. Hiermit können Tool-unabhängig für alle IFC-Versionen die im Projekt vereinbarten CRS-Vorgaben eingetragen werden.

### Ausblick

Eine Lösung bietet möglicherweise zukünftig der unverzerrte „Digitale Zwilling“, die im Backend nicht-projizierte, geozentrische, kartesische 3D-Koordinaten verwenden. Als Beispiele für mögliche Software-Lösungen, die in die richtige Richtung gehen sind neben den Eigenentwicklungen von AFRY hier InfraMaps (DB AG), ArcGIS Online (ESRI), Google Earth oder [www.destination-earth.eu](http://www.destination-earth.eu) zu nennen.

Die etwas weitergedachten Anwendungen wären eine einheitliche Common Data Environment (CDE) als „Digitaler Zwilling“ in 3D für ganz Deutschland mit geozentrischen Koordinaten in einem einheitlichen Datum, die bei Bedarf auch auf einer verzerrten 2D Karte dargestellt werden können.

*„Eine elementare Rahmenbedingung für die Einheitlichkeit und Harmonisierung von Geodaten ist der gemeinsame Raumbezug.“*

Dieses Zitat aus dem Leitfaden des „runden Tisch GIS“ drückt nicht nur den dringlichen Bedarf der Planungspraxis aus, sondern entspricht auch den Vorgaben der EU. Hierbei stellt sich die Frage, warum die DB AG sich bisher nicht auf die deutschlandweite Vereinheitlichung der Geobasisdaten eingestellt hat, sondern nach wie vor mit DB\_REF2016 einen gesonderten Weg geht und diesen durch die Vorgabe von lokalen VA-Systemen zumindest aus Sicht der Planung sogar noch weiter

verkompliziert. Aus planerischer Sicht kann man sich jedenfalls nur wünschen, dass zukünftig eine Vereinheitlichung des zu nutzenden georeferenzierten Koordinatensystems auch in der BIM-Planung erfolgt und dass alle Projekte (auch die des Hochbaus) immer georeferenziert erfolgen.

#### **Literatur**

Clemen, C. et al. (2023): Georeferenzierung von 3D-Modellen mit dem VA-System für Personenbahnhöfe – DB Station & Service AG und HTW Dresden

DB InfraGO AG (2024) Vorgaben zur Anwendung der BIM-Methodik – Georeferenzierung bei DB Personenbahnhöfen in BIM-Projekten

Jaud, Š. et al. (2020): Georeferencing in the context of building information modeling

Rili-RB-AdV (2017) – Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

### 3.2.6 BIM-Einführung im Tiefbauamt des Kantons Basel-Stadt: BIM@infraBS - IDMs als zentraler Schlüssel +

Beitrag von Kilian Reyer, Stefan Jaud, Frank Schmidt

#### Problemstellung/Ziel

Neue Arbeitsweisen einzuführen fordert einen klaren Plan und Fingerspitzengefühl. Erst Recht in der öffentlichen Verwaltung. Neben dem üblichen Projektaufkommen, werden Arbeitskräftemangel und viele Anforderungen wie Klimaadaptation (Entsiegelung, Begrünung, Schwammstadt, ...) oder Klimaschutz (90 km Fernwärmeausbau in 12 Jahren, CO<sub>2</sub>-Reduktion) als „genug“ neue Belastung wahrgenommen. Die Begeisterung weiterer Anforderungen durch BIM hält sich in Grenzen. In diesem anspruchsvollen Umfeld wurde die Abteilung Dokumentation des Tiefbauamtes Kanton Basel-Stadt mit der Entwicklung eines BIM-Einführungskonzepts für das Bau- und Verkehrsdepartement beauftragt. Nach ca. drei Jahren sind nun die Eckpunkte ausgereift um umgesetzt zu werden. Dabei konnte die Abteilung auf ihre langjährige Erfahrung im Bereich GIS und schon vieler realisierter Digitalisierungsmaßnahmen in der anspruchsvollen Umgebung zurückgreifen (siehe

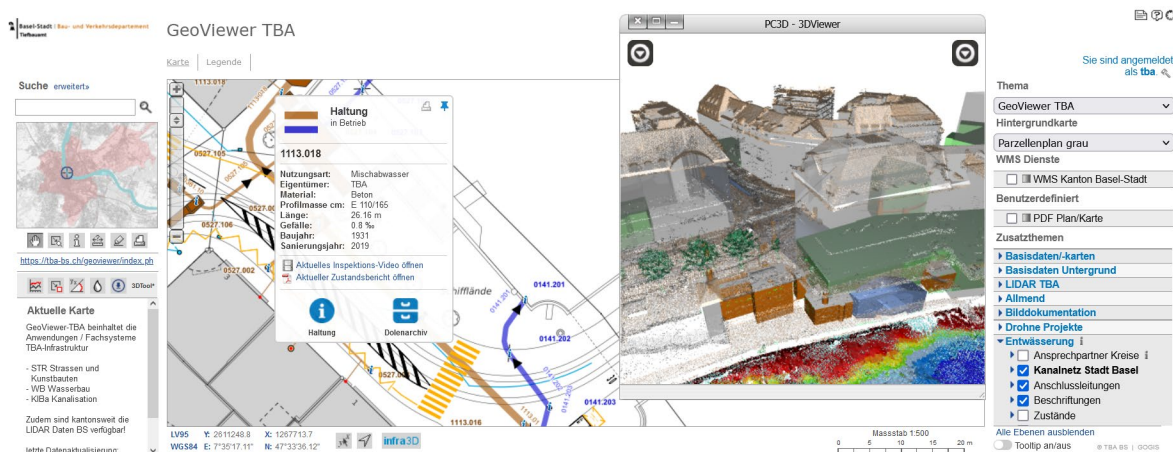


Abb. 3.2.6-1).

Abb. 3.2.6-1: Zentrales Element der bisherigen digitalen Entwicklung: der GeoViewer@TBA-BS (frontend). GIS-Daten werden für den Nutzer einfach und schnell visualisiert. Daten können mobil genutzt und erfasst werden. Die Komplexität dahinter bleibt dem Anwender verborgen. BIM muss genau so einfach sein.

Keine hoch fliegende Strategie, sondern konkrete alltagstaugliche Projekte sollen den Umsetzenden zeigen, dass „richtige“ Digitalisierung nicht weiter belastet, sondern entlastet. So wurde zu Beginn schon auf eine realistische Zieldefinition geachtet: das Konzept soll mit dem Ziel entwickelt werden, dass die betroffenen Einheiten „im Minimum im Umfeld der Baubranche Schritt halten“ können.

#### Durchführung/Lösungsweg

Die Planungs- und Bauprozesse wurden in der ersten Phase untersucht, damit das Konzept passgenau auf die Schwächen und Stärken und die Bedürfnisse vor Ort entwickelt werden konnte. So entstand das „konzeptionelle BIM“, das folgende Punkte abdecken sollte:

BIM heißt für uns...

- |   |  |
|---|--|
| 1. ...Integration von 2D und 3D-Daten       | 6. ...werkzeugunabhängig               |
| 2. ...detaillierte Schnittstellendefinition | 7. ...eine (1) CDE                     |
| 3. ...maschinelle Schnittstellenprüfbarkeit | 8. ...keine redundanten Werkzeuge      |
| 4. ...Medienbrüche auflösen                 | 9. ...Akzeptanz bei den Mitarbeitenden |
| 5. ...GIS/BIM-Verzahnung                    | 10. ...permanente Weiterentwicklung    |

Aktuell existiert unter den unterschiedlichen Anspruchstellern der Infrastruktur im Kanton eine festgelegte gemeinsame Arbeitsweise, welche Rollen und Projektablaufe regelt, das sogenannte GMI (Geschäftsmodell Infrastruktur). Bei den Anforderungen an die Schnittstellen durch das „konzeptionelle BIM“ erkannten wir dennoch ein besonders hohes Potential für Automatisierungen, sowie Qualitäts- und Effizienzsteigerungen. Diese Anforderungen sollen zukünftig als IDMs (Information Delivery Manuals = Handbücher der Informationslieferungen, gem. SN EN ISO 29 481) standardisiert in einem Gefäß dokumentiert, publiziert und fortgeführt werden (siehe Abb. 3.2.6-2162). Somit ist die Methodik bei der Einführung von BIM festgelegt: „*zuerst definieren – dann mit BIM marschieren*“. Der Vorteil: alle Anforderungen sind zentral (single source of requirements) an einem Ort abrufbar für Mensch und Maschine. Viele Anforderungen existieren bereits in vielen Normen und Richtlinien, nur für welche Schnittstellen werden welche Regelungen wie im BIM-Umfeld explizit angewandt? So ist das IDM als zentrale „Linksammlung“ zu sehen, die auf die bestehenden Anforderungen hinweist und die fehlenden Anforderungen für eine BIM-Arbeitsweise ergänzt. Das Ziel ist, mögliche Unklarheiten zu eliminieren und eine gemeinsame Sprache zu fördern. Die IDMs werden von einem zentral organisierten Team (grüner Baumeister) aufgestellt und mit den Satelliten (braune Baumeister), also den Fachexperten, inhaltlich abgestimmt.

### Arbeitsweise ohne IDM

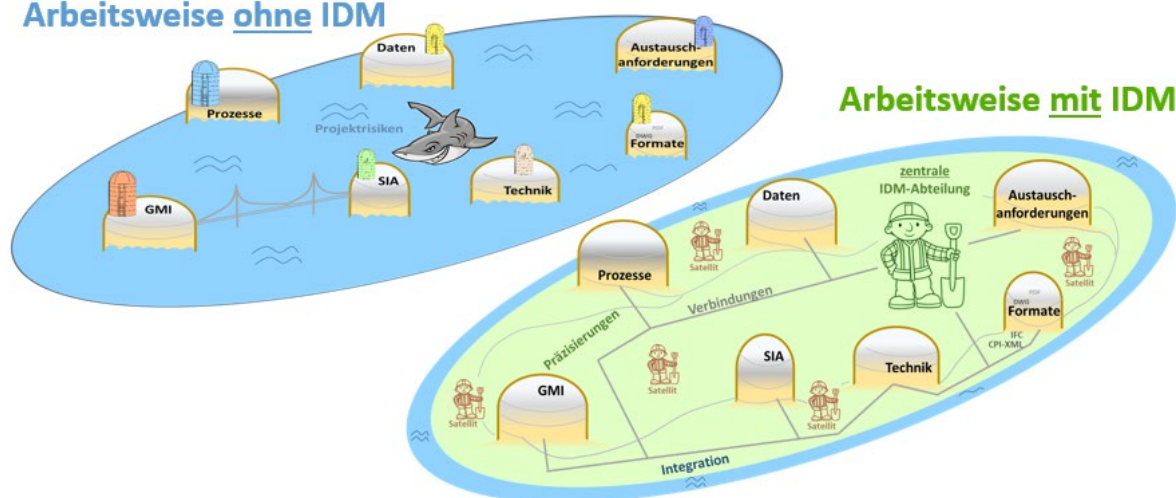


Abb. 3.2.6-216: Bildhafte Darstellung der Funktion der IDMs: Das Wasser zwischen den Inseln wird abgelassen oder aufgeschüttet. Projekttrisiken schwinden, wenn die unterschiedlichen Anforderungsthemen (=Inseln) bei der Projektbearbeitung durch das IDM miteinander vernetzt (=Verbindungen) und fehlende Anforderungen ergänzt werden. Bisher wurden immer nur jedes Thema für sich betrachtet (Silo-Brille). In Zukunft werden sie integral mit Hilfe von IDMs vernetzt weiterentwickelt.

Dieser Arbeitsschritt und weitere Elemente des „konzeptionellen BIM“ wurden an einem Pilotprojekt für eine Datenübergabe im Projektablauf mit allen Beteiligten und mit Hilfe einer CDE (Common Data Environment) durchgespielt (siehe Abb. 3.2.6-3173).

Die Erfahrung ist, dass die Ansätze des „konzeptionellen BIMs“ gut funktionieren.

Wichtig ist:

- Die „richtigen“ Personen werden mit den „richtigen“ Fragen konfrontiert (Anwendungsfalldefinition, Prozesse, Informationsanforderungen).
- Eine zentrale koordinative Einheit treibt die IDM-Entwicklung voran (das sog. Kernteam).
- Für die Endanwender sind die produzierten Lösungen maximal einfach zu bedienen.

Eben, so wie eine zeitgemäße GIS-Lösung heute daherkommt. Im Hintergrund steht ein komplexer und vernetzter IDM-Anforderungskatalog, der alle Schnittstellen abdeckt und sich ständig weiterentwickelt. Aus dem IDM-Katalog werden alle Anforderungen an die Projekte (z.B. AIA/BAP), Entwicklungen der Werkzeuge oder der Technik, der Daten und Schulungen abgeleitet.

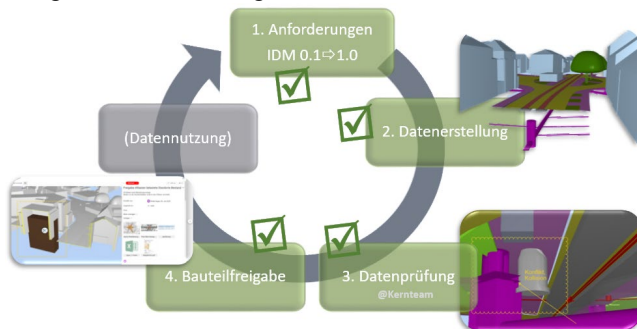


Abb. 3.2.6-317: Schematischer Ablauf vom BIM-Pilotprojekt Neuweilerplatz. Von Schritt 1 bis Schritt 4: Die IDMs werden aufgestellt (IDM 0.1), Bauteile daraus generiert (2.) und geprüft (3.), dann Bauteile und Anforderungen geprüft, ob beide zur Zielerreichung des Anwendungsfalls beitragen (4.) und die Anforderungen für das alltägliche Geschäft angepasst (IDM 1.0).

### Fazit/Erfahrungen

Als realistische Einführung beschreibt unser Konzept kleine Schritte (Kostenermittlung im Vorprojekt, Planfreigabeprozesse, Checklisten, Baufortschritt), die nicht als das „große BIM“ daherkommen. Was zählt ist die für den Nutzer spürbare Entlastung durch die Digitalisierung. Ein erster Anwendungsfall bildet beispielsweise die automatisierte Bereitstellung der Grundlagen durch die Anbindung der GIS-Systeme an die Projektumgebung in einer CDE (siehe Abb. 3.2.6-). Die Anforderungen dazu stehen im IDM. Der Nutzervorteil: allen stehen die gleichen Grundlagen im Projekt zur Verfügung – in vielen Projekten heute leider die Ausnahme.

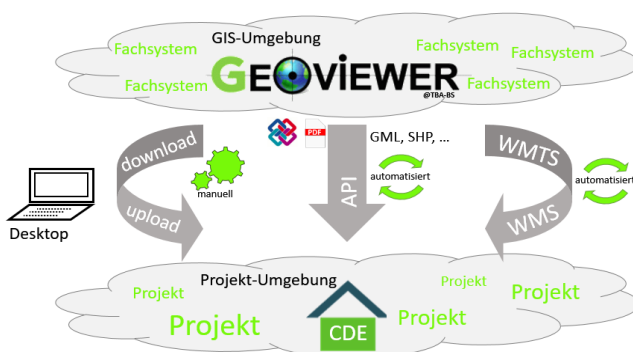


Abb. 3.2.6-4: Wie kommen die Projektgrundlagen ins Projekt? Im neuen Projekt wird eine CDE bereitgestellt, die automatisiert mit Daten aus den GIS bestückt wird. Das Schaubild zeigt wie wichtig die Vernetzung der Systeme ist, um einen durchgängigen Datenfluss bereit zu stellen. Es bieten sich verschiedene Kanäle. Je nach Datensatz und Aktualisierungsanforderung werden sie entsprechend gewählt.

Leider ist der Begriff „BIM“ ein Stück weit „verbrannt“, als dass er bei vielen Kollegen noch Fantasie für eine bessere Arbeitsweise fördern würde. Uns erscheint daher der Begriff „Digitales Planen, Bauen und Betreiben“ angemessener. Wir sind überzeugt: Nutzer und BIM-Organisatoren finden durch das Ausformulieren einer besseren Arbeitsweise in überschaubaren Schritten neuen Wege. Die IDM-Methodik lässt uns die Spielregeln in Projekten eindeutig definieren und die Technik lässt uns eigentlich keine Wünsche offen, so dass einer Einführung im Kanton Basel-Stadt nichts mehr im Weg steht. Sicher braucht es noch viel Überzeugungskraft und die positive Einstellung: „Stell dir deine Arbeit doch mal einfacher und besser vor, mit optimalen Prozessen und Werkzeugen ...“

### Literatur

SIA (Hrsg.) (SN EN ISO 29481-1, 2017): SN EN ISO 29481-1:2017, Bauwerks-Informationen-Modelle – Informations-Lieferungs-Handbuch – Teil 1: Methodik und Format

### 3.2.7 BIM-GIS-Integration im Rahmen der Planung von Infrastrukturprojekten +

*Beitrag von Sebastian Pache, Steffen Scharun und Markus Hochmuth*

#### **Problemstellung/Ziel**

In vielen Projekten, insbesondere im Infrastrukturbereich, ist es heute notwendig, dass mit BIM- und GIS-Daten gearbeitet wird, um eine optimale Datennutzung während der Planung, der Bauausführung und dem Anlagenbetrieb zu erreichen. Dafür ist es notwendig, die Daten aus den ursprünglich getrennten Welten möglichst verlustfrei ineinander zu überführen und miteinander zu kombinieren. Dieses Erfordernis besteht nicht nur einmalig, sondern zieht sich durch die kompletten Lebenszyklusphasen eines Bauwerks. Damit ist es besonders wichtig, dass der Datenaustausch möglichst unkompliziert und automatisiert abläuft.

Zu Beginn eines Projekts ist es erforderlich, die diversen verfügbaren Bestandsdaten zu erheben und zu einer gemeinsamen integrierten Planungsgrundlage zu kombinieren. Der überwiegende Teil der Bestandsdaten stammt aus verschiedenen Datenquellen aus dem GIS-Bereich. Auch wenn viele Daten mittlerweile digital verfügbar sind, liegen sie oftmals nicht in einem einheitlichen Datenmodell und -format Datenformat oder Georeferenzsystem vor und müssen deshalb i.d.R. harmonisiert und transformiert werden. Weiterhin existieren auch heute noch Bestandsdaten in analoger oder teildigitaler Form (z.B. Pläne oder Bauwerksbücher in Papier oder PDF), die digital aufbereitet werden müssen, um sie nutzbar zu machen. Fehlende oder ungenaue Informationen müssen nacherhoben und in das Gesamtbild integriert werden. Und genau dafür stehen ausgereifte und etablierte GIS-Systeme zur Verfügung, wie z.B. das, interoperable und offene System ArcGIS von Esri, welches im Standard u.a. die Verarbeitung von IFC 4.3 unterstützt.

Im Rahmen der Planung, insbesondere in den frühen Leistungsphasen, ist es erforderlich, die Planungsergebnisse mit dem Bestand zu verschneiden, um die Auswirkungen der erarbeiteten Lösung auf das Projektumfeld und damit die Eingriffe in die Umwelt oder den zusätzlichen Flächenbedarf zu ermitteln. Gerade im Rahmen der Vorplanung, wo es darum geht, verschiedene Varianten zu entwickeln und in Bezug auf maßgebliche Kriterien miteinander zu vergleichen, kommt es darauf an, die Planung und den Bestand schnell und unkompliziert in einem System zusammenzuführen und miteinander zu verschneiden. Hierbei kommt es darauf an, dass die Daten nicht aufwändig und kompliziert aufbereitet werden müssen, um sie auszutauschen, sondern hierfür Schnittstellen zwischen den Systemen existieren, die Daten ohne Informationsverlust oder Verfälschung übertragen können. Dies ermöglicht eine sukzessive Optimierung der Planungslösung, welche auch die temporären Einflüsse während der Bauausführung berücksichtigen kann. Ein iterativer Ansatz durch barrierefreien Datenaustausch erleichtert die Findung der optimalen Lösung für die Planungsaufgabe erheblich.

Die zentrale Bereitstellung der Daten, sowohl des Bestandes als auch der Planung und Bauausführung, über eine cloudbasierte Plattform nimmt im Infrastrukturbereich heute eine wichtige Rolle ein. Dadurch wird sichergestellt, dass alle Projektbeteiligten die für ihre Arbeit notwendigen aktuellen Informationen und Daten jederzeit zur Verfügung haben und damit arbeiten können. Durch die Bereitstellung in einem georeferenzierten Umfeld wie einem cloudbasierten GIS-System kann man die Daten örtlich unabhängig sowohl geografisch verortet managen und visualisieren als auch z.B. zur Navigation im Projektumfeld nutzen. Dies erleichtert die Steuerung und Abwicklung des Projektes als auch die Kommunikation mit internen und externen Stakeholdern. Ein zusätzlicher Synergieeffekt entsteht, wenn die Daten über die Planungs- und Bauphase hinaus auch zum Anlagenmanagement und Betrieb durch den Infrastrukturbetreiber genutzt werden. Insbesondere bei sehr großen Anlagenbeständen wie z.B. dem Streckennetz der DB bringt ein solches System einen erheblichen Mehrwert für den Betreiber, der die Vorteile der Planungs- und Bauphase um ein Mehrfaches übertrifft.

Mit einer möglichst intelligenten BIM-GIS-Integration wird im Hause OBERMEYER in verschiedenen Infrastrukturprojekten versucht, die Vorteile beider Welten zu vereinen und zur erfolgreichen Durchführung der Projekte während der Planungs- und Bauphase zu nutzen.

### Praxisbeispiele/Durchführung/Lösungsweg

Die Integration von BIM und GIS bietet somit eine umfassendere Sicht auf Projekte und ermöglicht fundierte Entscheidungen, eine stärkere Einbindung der Beteiligten und effizientere Prozesse. Die OBERMEYER Group nutzt verschiedene BIM-GIS-Ansätze in Infrastrukturprojekten, um die Vorteile beider Welten zu vereinen. Nachfolgend werden 2 Ansätze an Projektbeispielen erörtert.

- Brenner Nordzulauf

Eingebettet in den europäischen Scandinavian-Mediterranean Corridor, kurz ScanMed, bildet die Brennerachse zwischen München und Verona ein wichtiges Herzstück der Nord-Süd-Vernetzung Europas. Die Neubaustrecke umfasst rund 70 Kilometer und mindestens 34 Kilometer Tunnelbau. Hinzu kommen mehrere Betriebsstellen und diverse Brücken von mehr als einem Kilometer Länge.

In zwei Planungsabschnitten ist OBERMEYER in Planungsgemeinschaften am Projekt beteiligt. Hierbei werden während der gesamten Planungsphase eine Vielzahl von Daten erfasst, verarbeitet und neu geschaffen. Mit dieser Vielzahl von Daten zielgerichtet zu interagieren und sie für alle Beteiligten nutzbar zu machen, ist gerade bei Großprojekten dieser Art eine zentrale Herausforderung. Nur mit einer transparenten Dokumentation und vernetzten Daten ist eine effiziente Planung möglich.



Abb. 3.2.7-1: BIM-GIS-Integration - Gesamtmodell Brenner Nordzulauf in ArcGIS online

Um Kollaboration zu fördern und den Modellbezug für Öffentlichkeitsarbeit sowie die Vorplanung herzustellen, fließen BIM-Modelle und Geodaten zentral in der Cloud zusammen. OBERMEYER setzt bei der Implementierung der Web-GIS-Plattform auf ArcGIS Online von Esri. Lösungen von Esri. Dank der Plattform haben alle Beteiligten zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit, auf den aktuellen Projektstand mit allen relevanten Informationen zuzugreifen und für die verschiedenen Anwendungszwecke zu nutzen.

Die eingesetzte digitale Methode, mit der die Modelle von Trassen, Tunneln oder Brücken in ihren räumlichen Kontext gesetzt werden, fördert darüber hinaus die Nachhaltigkeit des Bahnprojekts.



Durch die digitale Unterstützung bei der Trassenfindung und dem Variantenvergleich können Eingriffe in die Umwelt minimiert werden. Baustellenabläufe lassen sich bereits im Rahmen der Planung optimieren und später ressourcenschonend durchführen. Faktoren wie Sonnenverlauf und Beschattung sowie Standortanalysen wirken sich auf den operativen Betrieb aus und können in allen Projektphasen über die Web-GIS-Plattform verfolgt werden.

- U4 Hamburg

Im Auftrag der Hamburger Hochbahn AG ist OBERMEYER an der Planung und dem Management der Erweiterung der U-Bahn-Linie 4 im Osten Hamburgs beteiligt. Das Projekt umfasst den Neubau einer circa 2,5 km langen U-Bahn-Linie mit zwei neuen Haltestellen, die das Wohngebiet „Horner Geest“ an das bestehende U-Bahn-System anbindet. Um den unterirdischen Bestand (Sparten, Siele etc.) ganzheitlich zu erfassen, wurden die teils in Papierform vorliegenden Daten zunächst in ein digitales Bestandsmodell überführt.

Insbesondere bei innerstädtischen Bauvorhaben müssen sich die Planungen in die umgebende Bebauung eingliedern. Mehrere Haltestellen und Knotenpunkte müssen bei dem Projekt integriert werden. Gleichzeitig ist die alte Bausubstanz der umgebenden Gebäude zu überwachen und zu sichern. Um die Bauvorhaben ideal zu planen und alle beteiligten Gewerke auch in späteren Phasen zu koordinieren, ist eine makroskopische Perspektive erforderlich.

Um diese zu realisieren, arbeitet OBERMEYER bereits seit der Vorplanung des Projekts mit BIM und GIS. Die Integration ermöglicht es z.B., die Verläufe von Leitungen und Rohren ganzheitlich zu analysieren und visuell zu erfassen. So können Konflikte mit den geplanten Anlagen erkannt und entsprechende Umverlegungen geplant werden. Welche Häuser stehen unter Denkmalschutz? Wie viele Bäume befinden sich auf geplanten Baustelleneinrichtungen? Georeferenzierte Daten aus öffentlichen Verzeichnissen und Katastern liefern Antworten auf relevante Fragen.

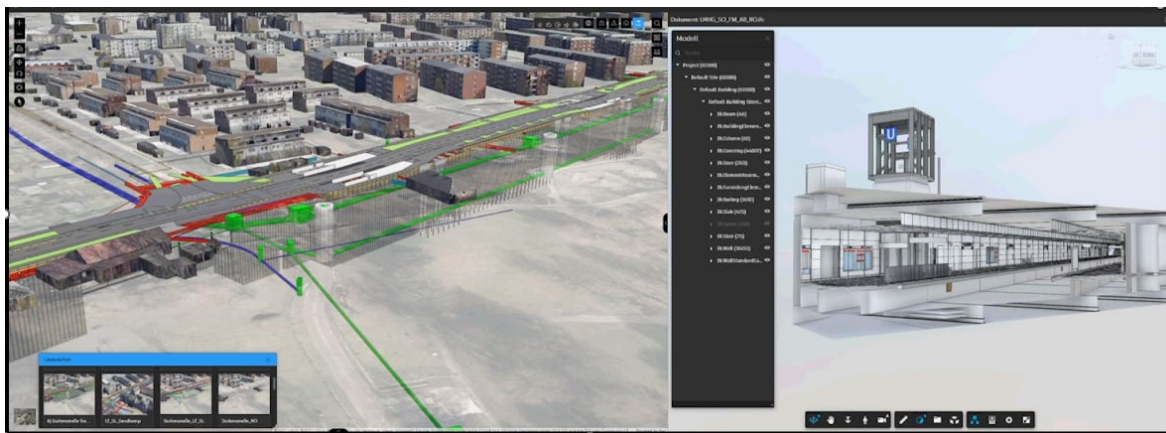


Abb. 3.2.7-2: Integration Gesamtmodell U4 in ArcGIS GeoBIM und Verknüpfung mit BIM360

Nicht nur in der Planung unterstützt die Integration von BIM und GIS die Abwicklung des Vorhabens. Auch Haltestellen, die sich bereits im Roh- oder Ausbau befinden, lassen sich in ihrem räumlichen Kontext erleben. Eine flexible Navigation ermöglicht es, einzelne Objekte in den BIM-Modellen ein- und auszublenden, diese zu isolieren und mit zusätzlichen Informationen anzureichern. Auf einen Blick werden der Planungskontext sowie die Einflüsse auf die Umgebung greifbar. Gleichzeitig können alle Projektbeteiligten die detaillierte Planung einsehen.

### Erfahrungen/Fazit

Die nahtlose Integration von BIM und GIS im Kontext Infrastruktur bereits in den frühen HOAI-Leistungsphasen spielt eine entscheidende Rolle für die digitale Transformation und die Bewältigung der Herausforderungen. Hierbei handelt es sich um einen radikalen Paradigmenwechsel, welcher eine

im direkten Vergleich intransparente, zeitaufwendige und fehleranfällige Vorgehensweisen adressiert und diese Nachteile ins positive Gegenteil verkehrt.

Durch einen digitalen, BIM-GIS-basierten Planungszwilling wird maximale Transparenz geschaffen. Abstimmungen können direkt und jederzeit am digitalen Modell erfolgen. Ein zeitaufwendiger und fehleranfälliger Austausch von Unterlagen oder Dateien entfällt vollständig, da moderne GIS-Systeme ihre Daten und Funktionen dienstbasiert zur Verfügung stellen.

Dieser Paradigmenwechsel von zeitaufwendigen, manuellen Planungsmethoden, hin zu einem ganzheitlichen digitalen Ansatz ermöglicht es, unterschiedliche Varianten bereits in der Vorplanung visuell erlebbar zu machen. Durch die Integration der BIM-Modelle in den geografischen Kontext werden Raumwiderstände und Planungskonflikte sichtbar, was bei einer isolierten Betrachtung des BIM-Modells ohne GIS nicht möglich wäre. Darüber hinaus können die Daten jederzeit genutzt werden, um externe Stakeholder, wie die Öffentlichkeit transparent einzubinden.

Darüber hinaus können durch BIM-GIS-Integration erforderliche Baustellenflächen und Zuwegungen frühzeitig und präzise ermittelt werden. Dies führt wiederum zu einer deutlich verbesserten Koordination der Gewerke, steigert die Kollaboration aller Beteiligten und fördert Nachhaltigkeit bei großangelegten Infrastrukturprojekten, da durch die Einbindung und Berücksichtigung von Umwelt-KPIs Infrastrukturen nun nicht nur ökonomisch, sondern auch und v.a. entlang ökologischer Kriterien bewertet werden können. Final kann resümiert werden, dass mit Abschluss aller Planungsarbeiten ein digitaler Zwilling übergeben werden kann, welcher während der Bau- und Betriebsphase großen Nutzen mit sich bringt. Die spätere Einbindung von Sensordaten zur Betriebsunterstützung der jeweiligen Infrastruktur, z.B. zur fortlaufenden Zustandsbewertung und vorrausschauenden Instandhaltung, ist dann nur ein weiterer Ausbauschritt in Richtung digitales Planen, Bauen und Betreiben.

#### **Literatur**

Sebastian Pache, Steffen Scharun: BIM- und GIS-Integration in der Infrastrukturplanung: Wegweisende Synergie für die Schiene, Mai 2024 | Eisenbahntechnische Rundschau | Issue 05/2024

Markus Hochmuth, Sebastian Pache, Steffen Scharun: Infrastrukturprojekte digital planen: BIM und GIS beim Brenner-Nordzulauf, Oktober 2023

<https://www.esri.de/de-de/case-studies/brenner-nordzulauf-obermeyer-gruppe>

### 3.2.8 DB Regio Werke – Erfassung per mobilem Multisensorsystem NavVis VLX 3, 3D-Modellierung und ArcGIS Indoors Integration +

*Beitrag von Fabian Goetzel, Janis Müller und Alexander Schulz*

#### **Problemstellung/Ziel**

Im Auftrag der Deutschen Bahn werden seit Ende 2023 von der ARC-GREENLAB GmbH und ihren Partnerfirmen 21 Werkshallen der Regionalbahn in ganz Deutschland mit dem Mobile Mapping System NavVis VLX 3 erfasst. Das Hauptziel besteht darin, 3D-Punktwolken dieser Werkshallen zu erstellen. Insgesamt handelt es sich um die Erfassung einer Fläche von 170.000 Quadratmetern. Die Durchführung des Projekts stellte ARC-GREENLAB vor einige besondere Herausforderungen. Dazu gehören die sorgfältige Koordination mit den verschiedenen Werksleitern, um geeignete Termine für die Aufnahme zu vereinbaren, sowie die Sicherstellung der Zugänglichkeit zu den Werkshallen während der Aufnahmeprozesse. Als Endprodukt erhält der Auftraggeber die erstellten 3D-Punktwolken im Koordinatensystem DB REF.

Dieses Projekt zielt darauf ab, durch den Einsatz des mobilen Multisensorsystems NavVis VLX 3 eine präzise und umfassende Erfassung der Werkshallen in kürzester Zeit zu ermöglichen. Zunächst war das Hauptziel der Erfassung nur die Erstellung georeferenzierter Punktwolken mit zugehörigen 360° Panoramafotos. Im Projektverlauf kam die Anforderung hinzu auf Grundlage der erfassten Daten 3D-Bestandsmodelle im Detailgrad LoD 200 zu erstellen. Diese Modelle können anschließend in ArcGIS Indoors überführt werden, um eine effiziente Nutzung und Verwaltung der erfassten Daten zu gewährleisten. Die Umsetzung dieses ganzheitlichen Digitalisierungsansatzes wurde anhand der Werkshalle in Magdeburg beispielhaft getestet. Dieser Artikel befasst sich daher mit 3D-Laserscanning, Modellierung, Datenintegration und der Konfiguration eines robusten Asset-Tracking-Systems.

#### **Durchführung/Lösungsweg**

##### **Mobile Mapping mit NavVis VLX 3**

Der NavVis VLX 3 ist ein hochpräzises, tragbares 3D-Mapping-System, das im Zuge dieses Projektes für die detaillierte Erfassung der Werkshallen verwendet wurde. Die Bedienung beginnt mit dem Aufsetzen des Rucksack-Systems, das den LiDAR-Sensor und die Kameras enthält. Der Bediende aktiviert das Gerät über ein Touchscreen-Interface und startet die Aufnahme, anschließend bewegt er sich mit mäßiger Geschwindigkeit durch die Halle. Der VLX 3 nutzt vier LiDAR-Sensoren, die eine 360-Grad-Umgebungserfassung ermöglichen, kombiniert mit hochauflösenden Kameras für visuelle Details. Mit einer Messrate von 1,2 Millionen Punkten pro Sekunde erfasst er selbst komplexe Strukturen präzise. Echtzeit-SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) Algorithmen verarbeiten die Daten, während das System kontinuierlich die Position und Orientierung des Bedienden verfolgt. Die Daten werden drahtlos auf ein Tablet übertragen, wo sie sofort visualisiert und überprüft werden können. Dies ermöglicht eine schnelle Qualitätssicherung und sofortige Anpassungen während der Aufnahme. Für die Georeferenzierung werden im Inneren der Werkshalle Passpunkte vermarktet, die über zuvor im Außenbereich eingemessene GPS-Punkte im UTM-System verortet werden können. Die GPS-Punkte werden aus dem inneren der Halle tachymetrisch angepeilt. Die Passpunkte fließen dann in die Auswertung der Punktwolken ein, sodass die Gebäude an das übergeordnete Koordinatensystem angeschlossen sind. Die erfassten Punktwolken-Daten wurden im Anschluss an den Innendienst für die geplante Erstellung der 3D-Modelle übergeben.

##### **Halbautomatische Modellierung**

Was schlussendlich in dem 3D-Modell dargestellt werden sollte, war bei Projektbeginn noch nicht vollständig ausformuliert. Die entsprechenden Anforderungen und Lösungswege wurden daher in der Folge gemeinsam von ARC-GREENLAB und den jeweiligen Ansprechpartnern beim Auftraggeber erarbeitet. Aufwand und Nutzen wurden gegeneinander aufgewogen und am Ende stand die

Entscheidung vorerst kein semantisches Objektmodell des Projekts zu entwickeln. Hauptaugenmerk sollte die detaillierte geometrische Abbildung aller sich in der Halle befindlichen architektonischen Elemente sein. Als grundlegende Genauigkeitsstufe wurde LoD 200 vereinbart, wobei das Modell teils weitreichendere Genauigkeiten aufweist, z. B. bezüglich der verbauten Gleisanlagen.

Die Modellierung wurde von einem der Modellautoren von ARC-GREENLAB übernommen. Zum Einsatz kam die Autodesk-Software Revit 2023 für die Erstellung der nativen Revit-Datei und der IFC4-Datei. Das Modell wurde auf 2 cm kollisionsgeprüft, wofür die Autodesk-Software Navisworks 2023 genutzt wurde. Eine besondere Herausforderung stellte die gebogene Trägerkonstruktion der Dachhalle dar. Dazu wurde ein Dynamoskript für das halbautomatische Erstellen dieser Objekte ausgearbeitet. Dieses Skript gewährleistete eine Zeitersparnis in der Modellierung bei gleichzeitiger Sicherstellung der Genauigkeit zwischen modelliertem Bestand und der als Modellierungsreferenz genutzten, verlinkten Punktwolke.



Abb. 3.2.8-1: 3D-Bestandsmodell in ArcGIS Pro mit Sicht ins Innere der Halle

### Von Revit zu ArcGIS Indoors

Das DB Regio Werk Magdeburg hat als Ergänzung zur Erfassung und Modellierung der Werkshalle zusätzlich ein Projekt zur Implementierung eines fortschrittlichen Asset-Tracking-Systems mit ArcGIS Indoors von Esri gestartet. Eine solche digitale Komponentenverfolgung kann entscheidend dazu beitragen die Verwaltung großer Anlagen zu verbessern, eine effiziente Ressourcennutzung zu gewährleisten und die betrieblich Effizienz aufrechtzuerhalten. Als Grundlage für den Übergang in die ArcGIS-Welt diente das aus dem Laserscanning erstellte 3D-Modell, welches als Revit-Datei gespeichert wurde. Mithilfe von ArcGIS Pro wurde das Tool „BIM in Indoors-Dataset importieren“ eingesetzt, um das Revit-3D-Modell in das Indoors-Datenmodell zu konvertieren. Diese Konvertierung war von entscheidender Bedeutung, da sie das Architekturmodell in ein mit dem ArcGIS Indoors-Framework kompatibles Format umwandelte und verbesserte räumliche Analyse- und Indoor-Kartierungsfunktionen ermöglichte.

Nachdem das Indoors-Datenmodell erstellt wurde, kann im nächsten Schritt mithilfe der Indoors-Toolbox ein Routing-Netzwerk in ArcGIS Pro eingerichtet werden. Dieses Streckennetz ist für die Bewältigung des komplexen Asset Tracking des DB Regio Werks Magdeburg unerlässlich. Die Indoors-Toolbox bietet Werkzeuge zum Definieren von Wegen, zum Einrichten von Barrieren und zum Konfigurieren von Zugänglichkeitsoptionen und erstellt so ein umfassendes Indoor-Routensystem, das die reale Umgebung widerspiegelt. Nachdem das Routing-Netzwerk konfiguriert und überprüft

wurde, kann das Routing-fähige Indoors-Modell veröffentlicht werden. Dieser Schritt macht das Modell über ArcGIS Enterprise zugänglich und ermöglicht eine nahtlose Integration mit anderen Esri-Tools und -Anwendungen. Das veröffentlichte Modell dient als Grundlage für die Implementierung verschiedener standortbasierter Dienste, einschließlich des Asset Trackings.

Um die Echtzeit-Asset-Verfolgung zu ermöglichen, muss noch der ArcGIS GeoEvent Server konfiguriert werden. Der GeoEvent Server ist ein leistungsstarkes Tool, das Streaming-Daten aus verschiedenen Quellen verarbeitet und analysiert. Für das DB Regio Werk Magdeburg soll es so konfiguriert werden, dass es Daten von Sensoren erfasst, die an Ladungsträgern innerhalb des Werksgeländes angeschlossen sind. Ziel ist eine verbesserte betriebliche Effizienz. Dies kann gelingen, da durch die Standortverfolgung in Echtzeit sichergestellt wird, dass die Ladungsträger dort sind, wo sie sein müssen. Dadurch werden Ausfallzeiten reduziert, die Arbeitsabläufe verbessert und die genauen Tracking-Daten tragen zu einer effizienteren Zuweisung und Nutzung von Ressourcen bei. Das System erhöht zudem die Sicherheit, indem es ein klar definiertes Routingsystem vorgibt. Der Zugriff auf die Echtzeitdaten ermöglicht es Managern, fundierte Entscheidungen zu treffen und so Abläufe und Wartungspläne weiter zu optimieren.

### **Erfahrungen/Fazit**

Die Datenerfassung mit dem neuen Mobile Mapping System NavVis VLX 3 lässt sich als intuitiv und modern zusammenfassen. Gerade durch das Tragen eines Rucksacksystems schont es Rücken und Arme der Kolleginnen und Kollegen im Außendienst. Durch die mobile Erfassung und automatische Auswertung der Punktwolken durch einen Algorithmus erhöht sich die Erfassungsgeschwindigkeit enorm - ein großer Vorteil, da so die Zeit vor Ort wesentlich verkürzt und der Betrieb möglichst wenig gestört wird. Ein Qualitätsverlust zu terrestrischen Scannern ist bislang nicht festzustellen.

Grundlegend ist der BIM-Ansatz für Planungsaufgaben zukunftsweisend. Je nach Kontext kann es jedoch ausreichen im ersten Schritt klare und genaue Geometrien des zu beplanenden Objekts als Grundlage zu erstellen. Die hier entstandenen Modelle können je nach Anforderungen des Auftraggebers zukünftig jederzeit weiterentwickelt werden.

Durch die Integration von 3D-Laserscanning, 3D-Modellen und ArcGIS Indoors wird im DB Regio Werk Magdeburg ein ausgefeiltes Asset-Tracking-System entstehen. Dieses Projekt veranschaulicht die Leistungsfähigkeit der Kombination fortschrittlicher räumlicher Technologien mit Echtzeit-Datenverarbeitung zur Verbesserung der betrieblichen Effizienz und des Ressourcenmanagements. Die notwendigen räumlichen Technologien entwickeln sich ständig weiter. Dadurch werden solche innovativen Lösungen für die Verwaltung komplexer Anlagen und für die Gewährleistung optimaler Leistungsfähigkeit immer besser und zugleich in der Breite verfügbar.

### 3.2.9 Archivierte Artikel vor Version 3.0 im digitalen Repositorium

Die folgenden Artikel finden Sie im digitalen Archiv des Leitfadens Geodäsie und BIM unter den angegebenen Links bzw. QR-Codes.

#### Kooperation auf der Basis von BIM- und GIS-Anwendungen

*Beitrag von Andreas Carstens (Autor) und Ozgür Ertac (Ansprechpartner)*



#### Planungsoptimierung von Ingenieur- und Umweltplanung durch Integration von BIM und GIS

*Beitrag von Jörg Schaller, Leon Reith, Sebastian Freller und Johannes Gnädinger*



#### 3D-CityGML-Stadtmodelle als Planungsinstrument für BIM-Infrastrukturprojekte am Beispiel der U4-Netzerweiterung auf die Horner Geest in Hamburg

*Beitrag von Franziska Egger (Autorin), Ansprechpartner: Nils Geßner und Markus Hochmuth*



## BIM-konforme Visualisierung des Freileitungsprojekts Emden-Conneforde

*Beitrag von Jens Bartnitzek und Veit Appelt*



## Schnelle dynamische Modellgenerierung bei konkreten BIM-Anwendungen

*Beitrag von Jens Bartnitzek und Klaus Tilger*



## Vom GIS zum BIM – geschickte Datennutzung optimiert Workflows im Tagesgeschäft

*Beitrag von Robert Wieder, Malte Rabels, Angelika Pöschl und Benjamin Sattes*



## Integration von IFC-Daten in eine bestehende CAFM-Umgebung

*Beitrag von Wolfgang Haller, Marcus Achatz und Markus Seitle*



## Modellierung des IKMZ Cottbus – Integration von BIM und GIS

*Beitrag von Katja Heine und Steffen Gnoth*



## BIM-basierter Bauantrag

*Beitrag von Michael Theiler, Jan Tulke, Markus König und Kai-Uwe Krause*



## DeepSpaceBIM 4.1" – der digitale Bauassistent der Zukunft

*Beitrag von Andreas Klöber, Philipp Willkomm und Josef Kauer*





## 3.3 BIM – Prozesse und Management

### 3.3.1 BIM.Hamburg – ein interdisziplinärer Ansatz für Hoch- und Tiefbau

*Beitrag von Silvia Banemann, Nina Hille und Ekkehard Matthias*

Ursprünglich angeregt durch den Stufenplan „Digitales Planen und Bauen“ des BMVI haben mehrere staatliche Institutionen Hamburgs – teilweise unabhängig voneinander – frühzeitig begonnen, das Thema BIM in ihrer Unternehmensstrategie zu berücksichtigen. Auch der Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg (LGV) erkannte frühzeitig die Relevanz von BIM im dringend erforderlichen Digitalisierungsprozess des Bauwesens. Zunächst in Kooperation mit dem Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG), später auch mit anderen Hamburger Institutionen ist eine Organisation entstanden, die unter der Bezeichnung „BIM.Hamburg“ die Einführung von BIM in der Freien und Hansestadt vorantreibt und etabliert, einheitliche BIM-Grundlagen für die Dienststellen der Stadt schafft und Beratung für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter anbietet.



#### **Kooperation der Willigen**

Die Digitalisierung des Bauwesens ist längst überfällig. In Hamburg fanden sich schnell mehrere Realisierungsträger des Infrastrukturbaus, die – unterstützt durch den LGV – gemeinsam Gewerke übergreifende Dokumente und Vorgaben für ihre Aufgaben im Bauprozess erarbeiten. Auch Realisierungsträger des Hochbaus unterstützen mittlerweile dieses Vorhaben. Gemeinsames Ziel ist der Einsatz der BIM-Methode über den gesamten Lebenszyklus der Bauwerke von der Planung über den Bau und Betrieb bis zum Umbau bzw. Rückbau.

Der LGV übernimmt hier operative Tätigkeiten im Bereich der Bestandserfassung und der -modellierung. Auch die Bereitstellung „mundgerechter“ Grunddaten wie DGM, Kataster, Orthophotos und andere Geodaten inklusive Vorgaben zur Georeferenzierung ist ein wichtiger Bestandteil und wird anhand von Pilotverfahren standardisiert.

Neben diesen eher vermessungstypischen Aufgaben beteiligt sich der LGV auch intensiv an der Standardisierung von Objektkatalogen, Mustervorlagen für AIA und BAP, Modellierungsrichtlinien und weiteren notwendigen Festlegungen für den BIM-Prozess. Hier kann der LGV auf langjährige Erfahrung zurückgreifen und damit die Bereitstellung von praxistauglichen Standards und Normen forcieren.

### Hoch- und Tiefbau kooperieren

Auch im Hochbau erfordert der Einsatz von BIM grundlegende Vorgaben. Auf eine Anfrage beim Amt für Bauordnung und Hochbau der Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen hinsichtlich Mitarbeit bei der Implementierung von BIM in Hamburg folgte eine positive Resonanz. Realisierungsträger aus dem Hochbau folgten. Alle Beteiligten sind sich einig, dass eine Gesamtlösung für Hamburg nur in Kooperation möglich ist, dies wertvolle Synergieeffekte mit sich bringt und Ressourcen einspart.

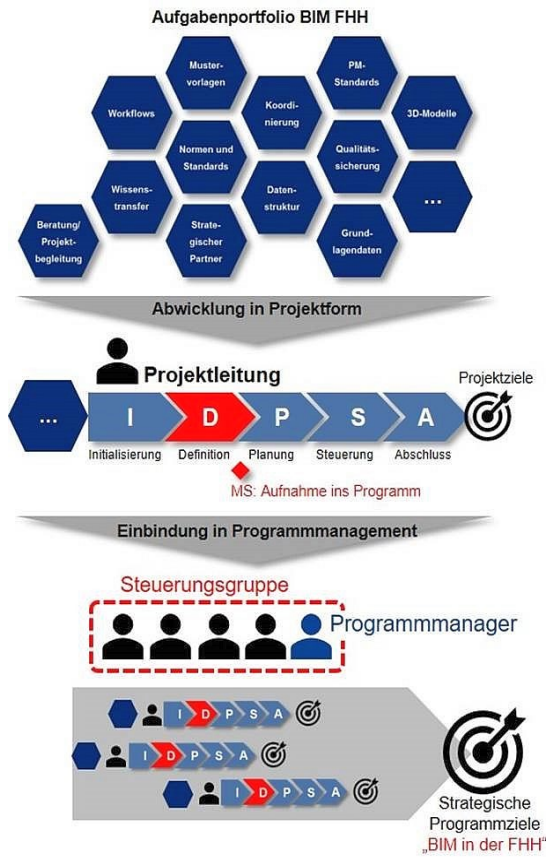


Abb. 3.3.1-1: Organisation von BIM.Hamburg.

Allerdings bedeuten viele Stakeholder auch gleich komplexe Strukturen. Steuerungsgruppe, Programmmanagement, Einführungsprojekte etc. sind Komponenten, die in Hamburg eine koordinierte Implementierung von BIM garantieren.

Dabei werden nicht nur die Prozesse und technologischen Seiten betrachtet, sondern die Menschen werden gleichermaßen einbezogen. So ist die Nähe zu Forschung und Lehre zwingend und die Beteiligung der HafenCity Universität eine logische Konsequenz.

### Strukturierter Einführungsprozess

Durch den Beschluss der Hamburger Staatsräte vom 11. März 2019 wurden sechs BIM-Leitstellen mit Schwerpunktthemen eingerichtet. Gemeinsam bilden sie die Steuerungsgruppe und unterstützen die Einführung von BIM unter dem Label „BIM.Hamburg“. Fehlende Kenntnisse, Erfahrungen oder Standards sollen zukünftig die Anwendung von BIM nicht mehr verhindern.

Die Implementierung von BIM in Hamburg erfolgt über verschiedene Einführungsprojekte in einem gemeinsamen Programmmanagement, das durch einen zertifizierten Programmmanager unterstützt wird.

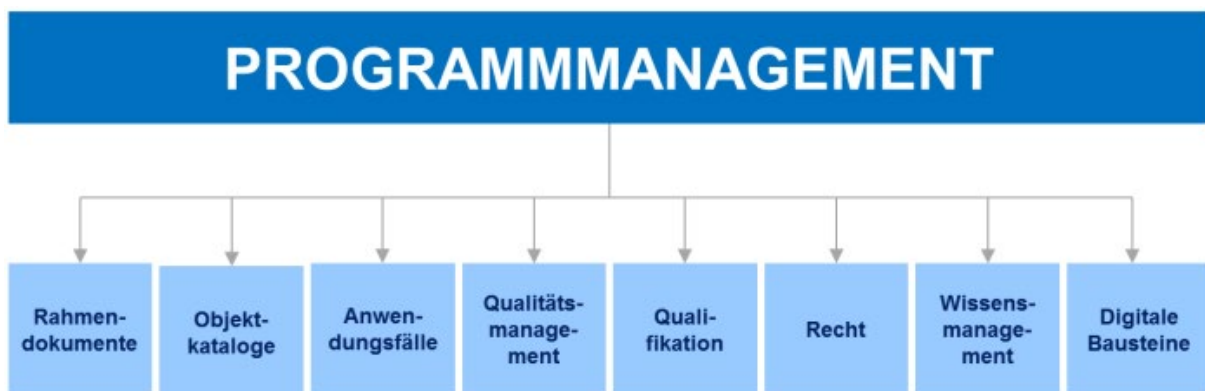


Abb. 3.3.1-2: Projekte von BIM.Hamburg.

### Die ersten Projekte sind gestartet

Rahmendokumente: Unter Leitung des LGV entstehen wichtige BIM-Grundlagendokumente für die FHH und Mustervorlagen für AIA und BAP. Der BIM-Leitfaden für die FHH ist bereits veröffentlicht.

Objektkataloge: Ziel des Projekts ist die Erarbeitung von Objektkatalogen für alle Gewerke. Erste Versionen für Brücken und Geotechnik sowie für das Master-Modell sind bereits in der Praxis erprobt und veröffentlicht. Die Kataloge für DGM, Vermessung sowie die Umstellung des Hamburger Normierungskataloges etc. liegen im Verantwortungsbereich des LGV.

Weiterhin arbeitet der LGV intensiv in den Projekten „Anwendungsfälle“, „Qualitätsmanagement“ und „Wissensmanagement“ mit.

Im Projekt „Qualitätsmanagement“ werden u. a. Strategien für die automatische und regelbasierte Prüfung der Geometrie und Semantik von Bauwerksmodellen entwickelt.

Im Projekt „Wissensmanagement“ wurde bereits ein informativer Internetauftritt aufgebaut ([www.bim.hamburg.de](http://www.bim.hamburg.de)) und im Herbst 2019 ein BIM-Tag für die Hamburger Behörden veranstaltet. Ein weiterer Informationstag für die Bauwirtschaft wird folgen.



Abb. 3.3.1-3: Erkenntnisgewinn aus den Pilotprojekten.

Das Projekt „Digitale Bausteine“ ist in der Startphase. Hier werden Empfehlungen für die Ausstattung von Arbeitsplätzen und Datenumgebungen erarbeitet, die Verknüpfung von Systemen und Daten mit der in Hamburg im Aufbau befindlichen „Urban Data Platform“ des LGV etc. konzipiert.

Jedes Projekt liefert wertvolle Erfahrungen, positive wie negative. Die in den o. g. Projekten entstehenden Konzepte und Entwürfe werden in Pilotprojekten der Realisierungsträger auf ihre Praxistauglichkeit hin geprüft. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse fließen zurück in die Pro-

jekte. Nur so können auf Dauer praxistaugliche und von den Anwendern akzeptierte Grundlagendokumente entstehen.

Nach erfolgter Evaluation werden die Ergebnisse aus den Projekten transparent und kostenfrei veröffentlicht.

### Aus der Praxis

Eines der Pilotprojekte in Hamburg wird vom BMVI gefördert. Es handelt sich um die Überführung der Bundesstraße B5 über die Autobahn BAB A1, ergänzt durch mehrere Kilometer Straße.

Hier hat der LGV die Bestandsvermessung und -modellierung vorgenommen und entwickelte gemeinsam mit dem Objektplaner und dem LSBG die entsprechenden Objektkataloge für Brücke, Straße, DGM etc. Bauwerksdokumentationen, wie z. B. baubegleitende Kontrollen, Analyse des As-built-Modells etc., folgen nun.

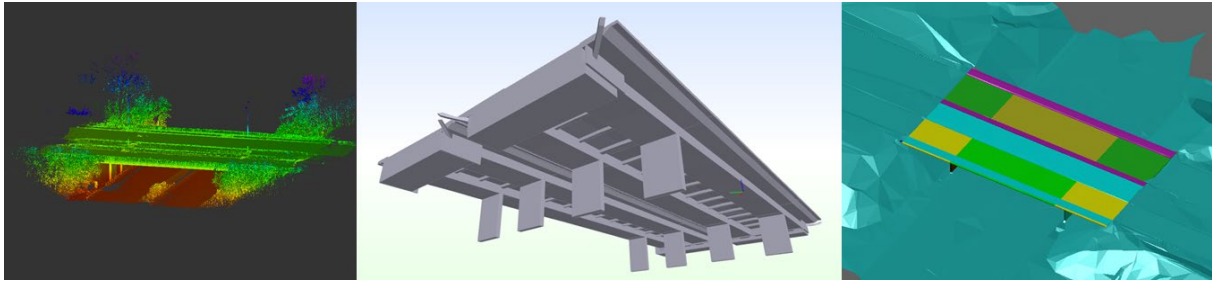


Abb. 3.3.1-4: Pilotprojekt des Bundes: Autobahnbrücke B5/A1.

### Keine Hamburger Insellösungen

In Hamburg sollen keine Insellösungen entstehen. Auf Kompatibilität mit bundesweiten Vorgaben und nationalen wie internationalen Standards wird besonderer Wert gelegt. Der LGV unterstützt dies mit aktiver Beteiligung in verschiedenen Gremien, wie den Fachgruppen BIM, OKSTRA und FLS der B/L DB ITKo, der BL/DB BIM im Straßenwesen, der VDV FG13 BIM, der buildingSMART FG BIM Verkehrswegebau usw.

Im Bereich des Hochbaus hat sich Hamburg u. a. an dem Forschungsprojekt BIM-basierter Bauantrag beteiligt, das in engem Zusammenhang mit den Aktivitäten des LGV zu XPlanung/XBau steht (siehe Beitrag von Theiler, Tulke, König und Krause in Kap. 3.2.15 „BIM-basierter Bauantrag“). Ziel beider Projekte: automatisierte Teilprüfung von BIM-Modellen im Rahmen des Bauantragsgeschehens.

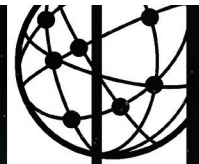
### Ziele

Mit der Bereitstellung von Normen, Standards und Mustervorlagen soll in der Freien und Hansestadt Hamburg die Planungsmethode BIM etabliert werden. Ein wesentliches Ziel ist die Schaffung einer einheitlichen, BIM-konformen Datenstruktur für alle Dienststellen – einheitliche Datenbanklösungen, Objektkataloge, Datenformate etc. zur Vermeidung von redundanten Daten, Informationsverlusten durch Medienbrüche usw.

Der LGV begleitet und fördert die BIM-Entwicklung in der Freien und Hansestadt Hamburg. Durch die Gründung von „BIM.Hamburg“ und die Einführung eines Programmmanagements zur Steuerung einer Vielzahl von Aktivitäten, kann der LGV in Zusammenarbeit mit allen am Bau Beteiligten den derzeitigen Wandel in der Baubranche im Sinne der FHH mitgestalten und setzt dabei konsequent auf fachübergreifende Kooperation und intensiven Wissenstransfer zum Aufbau von Kompetenz.



Abb. 3.3.1-5: Grundlegenden Dokumente von BIM.Hamburg.



**D V W**

**150** JAHRE

# # Welten**VERNETZEN**

[weltenvernetzen.dvw.de](https://weltenvernetzen.dvw.de)

© dvw e.V.//2020



## 4 Handlungsempfehlungen

### 4.1 Arbeiten im „lokalen CRS“

*Beitrag von Dirk Heuer*

#### 4.1.1 Einleitung

Moderne GIS und CAD oder AEC-Systeme unterstützen die Arbeit mit CRS (Koordinatenreferenzsystemen). Im Wasserstraßen-Neubauamt Berlin (WNA) wurde ein Workflow entwickelt und erprobt, wie mit CRS im Zusammenspiel mit lokalen Koordinatensystemen bei Baumaßnahmen umgegangen werden kann.

Ziel des Workflows ist die Etablierung eines genäherten „lokalen“ Koordinatensystems schon bei Projekt- bzw. Planungsbeginn, das über den gesamten Projektablauf beibehalten wird.

Vorauszusetzen ist, dass überschaubare Projektgebiete (wie z. B. Bauwerke mit einer Ausdehnung von ca. 1000 m oder Lose für den Streckenausbau von ca. 10 km Ausdehnung) vorliegen, die sich auf möglichst niedrigem und gleichmäßigem Niveau befinden.

#### 4.1.2 Grundlegendes zur Georeferenzierung bei Bauprojekten

##### **Projektzusammenarbeit**

Verschiedene Akteure haben unterschiedliche Perspektiven:

- Planer > konstruktive Sicht (SOLL) – vom idealen Modell in die Realität (Top-Down)!
- Vermesser > geodätische Sicht (IST) – von der Realität zum genäherten Modell (Bottom-Up)!
- Entwickler > logisch mathematische Sicht (Prozess) – von Vorgaben zur Software!

Perspektiven bestimmen Prioritäten. Funktionalität von Software bestimmt deren Möglichkeiten bei der Anwendung. Nur aus der gemeinsamen Schnittmenge werden sich daher mehr oder weniger optimale Lösungen (Kompromisse) für die ineinandergreifenden Prozesse der Akteure entwickeln lassen. Ein einheitliches Bezugssystem ist Grundlage der Zusammenarbeit! OpenBIM mit dem Datenaustausch über IFC wird bzw. ist Standard, Interoperabilität, Notwendigkeit!

##### **Projektbezugssystem**

Die Definition eines einheitlichen Koordinaten-Referenzrahmens für das Bauprojekt ist Voraussetzung für eine genaue und zuverlässige Modellkoordination aller Fachmodelle. Je früher ein gemeinsames georeferenziertes „Projektkoordinatensystem“ als Schnittstelle zwischen Planung und Realität festgelegt wird, desto besser können Fehler und Mehraufwendungen vermieden werden.

Bei Bauprojekten kommen im Wesentlichen drei unterschiedliche Systemdefinitionen zur Anwendung, deren Koordinaten reproduzierbar bzw. möglichst verlust- und widerspruchsfrei ineinander umzuformen sind:

1. CRS – projizierte auf einer globalen Datumsfestlegung basierende „Landes“-Koordinaten (Nordwert, Ostwert, Höhe [ETRS89/UTM & DHHN2016, Integrierter Raumbezug 2016]) z. B. verwendet bei Geodaten wie Kataster, Topographie, Festpunkten ...
2. Kartesische 3D-Koordinaten – (XYZ) z. B. verwendet bei Softwaregrafik, Bauwerken, IFC ...
3. 2D- + 1D-Koordinaten als verzerrungs- und maßstabsfreie lokale Lagekoordinaten mit Gebrauchshöhe (Rechtswert, Hochwert, Höhenwert auf Äquipotenzialfläche [„NHN-

DHHN2016“ sofern nicht anders definiert]) z. B. verwendet bei Lageplänen, Planungen, Bau- netzen ...

Das „Projektbezugssystem“ muss daher alle drei Systemdefinitionen wie auch die Art und Weise ihrer Umrechnungen berücksichtigen. Es beinhaltet daher nicht „das Koordinatensystem“ an sich, sondern viel mehr die Bezugssystematik, also die Methode wie mit den unterschiedlichen Koordinaten im Projekt umgegangen wird! Für einen definierten Zweck (Produkt, Prozess, Anwendungsfall etc.) ist die jeweils passendste Methode anzuwenden bzw. vorzugeben.

#### 4.1.3 Georeferenzierung – LPCS (Local Projected Coordinate System)

Für das Baugelände (ifcSite) sollte der „amtliche“ Höhenbezug NHN (DHHN2016) beibehalten und das CRS des „amtlichen“ Lagebezugs (ETRS89/UTM) einfach in einer geeigneteren als der UTM-Projektion abgebildet werden. Die eigentliche Georeferenz das horizontale Datum (ETRS89) bleibt dabei unverändert, nur die Projektion wird auf Cassini-Soldner (EPSG:9806) geändert. Hierfür ist neben der Angabe zur Abbildung (ETRS89/Cassini-Soldner) nur eine geographische Koordinate (Längen-/Breitengrad) für die Nullpunktdefinition ausreichend. Sie kann z. B. aus Google Maps entnommen und auf einen glatten Sekundenwert ohne Dezimalstellen gerundet werden.

##### **Cassini-Soldner-Projektion**

- Koordinatenursprung: Zentral im Projektbereich (mit Koordinatenverschiebung in Rechts und Hoch – zur Vermeidung negativer Koordinaten) oder für BIM links unten bzw. südwestlich positioniert liegender virtueller Bezugspunkt (Nullpunkt) – das gesamte Projekt liegt im ersten Quadranten mit positiven Koordinatenwerten.
- Bezugsmeridian: Der durch den Ursprung verlaufender Meridian bildet die X-Achse (Abszissenachse). Daher keine Meridiankonvergenz (Verdrehung) zur Nordrichtung (Gitternord).
- Parallel zum Bezugsmeridian verlaufen die Abszissenlinien.
- Orthogonal zum Bezugsmeridian verläuft die die Y-Achse (Ordinatenlinien als mit zunehmendem Abstand konvergierende Großkreisbogen).
- Abbildung in die Ebene: Transversale Zylinderprojektion
  - Bezugsmeridian als längentreue Gerade,
  - Ordinaten als orthogonal verlaufende längentreue Geraden gleichen Abstands,
  - zunehmende Dehnung der Abszissen,
  - weder winkel- noch flächentreu → ordinatentreu,
  - „lokales X-, Y-Koordinatensystem“ (kurze Koordinatenwerte sparen Speicherplatz, erhöhen die Performance und verbessern damit die Handhabung als auch die Softwarekompatibilität).

Die Cassini-Soldner-Abbildung ist nicht winkeltreu, die Ordinaten konvergieren mit zunehmendem Abstand von der Abszisse des Koordinatensystemursprungs. Eine 1 km Strecke z. B., die 20 km parallel vom durch den Nullpunkt laufenden Bezugsmeridian in Nord-Süd-Richtung verläuft, wird um 5 mm gedehnt. Geht man von einer maximalen Trassenlänge von 20 km (Gerade) bei einem Richtungswinkel von 50 gon aus (Projektgebiet max. Abstand 14.142 m), wäre die maximale Verzerrung (Verlängerung der Trasse) für ein solches Baulos bei 35 mm.

Der Einfluss der Erdkrümmung (eine 10 km Sehne führt zu einer 1 mm längeren Bogenlänge) ist zu gering und auf die Koordinaten auch nicht sinnvoll anzubringen. Beide Faktoren kann man daher praktisch meist ignorieren. Die Methode ist daher nicht nur für Ingenieurbauwerke, sondern auch für Trassenbauwerke geeignet (prinzipiell immer der gleiche Workflow).

##### **Höhenreduktion**

Beachtet werden sollte jedoch die mittlere ellipsoidische Höhe (Normalhöhe + Geoidundulation) des Projektgebiets. Bei einer für uns typischen mittleren ellipsoidischen Höhe von 250 m wird die

ellipsoidische Strecke von 100 m um 4 mm auf diesem Niveau verlängert („negative Höhenreduktion“). Werden die Eingangswerte für die Höhe oder die ellipsoidische Strecke um den Faktor 4 gesteigert, verändert sich auch der Korrekturwert annähernd proportional um den Faktor 4 auf 16 mm.

Die Verfahrensbeschreibung ETRS89/UTM, BFR Verm, Stand: 11.08.2021, Version 1.2 dazu: „Bis zu einer mittleren ellipsoidischen Höhe von 250 m liegt der Betrag die Höhenreduktion unterhalb der üblicherweise geforderten Genauigkeiten der Liegenschaftsbestandsdokumentation und der Bautoleranzen. Deshalb kann die Höhenreduktion bis zu einer mittleren Höhe von 250 m ohne Einschränkung der Anwendbarkeit der Daten in aller Regel vernachlässigt werden.

(<https://www.bfrvermessung.de/materialien/verfahrensshybeschreibungen-1>)

### **Vorteile der Methode „lokal projiziertes CRS“ (LPCS)**

- Das Projektkoordinatensystem mit seiner Georeferenzierung wird vor dem ersten Planungsschritt virtuell festgelegt und über die gesamte Laufzeit beibehalten. Der Auftraggeber hat mit der Vorgabe des Projektkoordinatensystems in den AIA die Kontrolle über die anzuwendende Methodik und damit eine weitgehend qualitätsgesicherte Georeferenzierung (Master-IFC mit Koordinationskörper, Systemdefinition, Merkmalen, Metadaten).
- Passpunkte und Transformationsparameter werden bei „normalen“ Genauigkeitsanforderungen überflüssig (Minimierung möglicher Fehlerquellen, besonders beim Datenaustausch und bei der Langzeitarchivierung).
- Die Systemdefinition ETRS89/Cassini-Soldner kann z. B. über WKT (OGC.org, Simple Feature Access) oder PROJ.org Deklaration in geeigneter Software die CRS unterstützt, wie QGIS.org, ArcMap, MicroStation, ..., ohne Softwareanpassungen genutzt und in deren CRS-Bibliotheken übernommen werden.
- (Beispiel: `+proj=cass +lat_0=52.13 +lon_0=14.65 +x_0=0 +y_0=0 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs`)
- Die Bereitstellung von Geodaten für die Planung, über die Import-Export-Funktionen von GIS wird damit vereinfacht. Genauso wie das Verwenden der Planung im GIS.
- Eine Nutzung von Web-Diensten wie WMS, [WFS] oder von Referenzdateien mit „amtlichem“ CRS zusammen mit dem „lokalen“ System wird „on the fly“ für die Planung möglich. Eine redundante Datenhaltung kann vermieden werden.
- Es kann auch weiter unabhängig von einer CRS unterstützenden Software, wie üblich mit Verschieben, Drehen und Skalieren gearbeitet werden. Die Werte (CRS -> LPCS) lassen sich direkt (z. B. in Excel, entsprechend der UTM-Definition) berechnen:
  - Die Verschiebung entspricht den UTM-Koordinaten des Nullpunkts (von UTM nach lokalem Nullpunkt, negativ).
  - Die Drehung entspricht der UTM-Meridiankonvergenz am Nullpunkt (von UTM nach lokal, negatives Vorzeichen).
  - Die Skalierung entspricht dem UTM-Maßstab am Nullpunkt (von UTM nach lokal, 1/M).
- Das System kann auch in die CRS-Bibliotheken der gängigen GNSS-Rover übernommen werden. Unter Verwendung z. B. des SAPOS-Diensts kann so direkt mit den „lokalen“ Koordinaten auf dem Baugelände gearbeitet werden.
- Eine Methode für Ingenieur- und Trassenbauwerke und standardisierte Vorgehensweise.

### **Bei der Anwendung des LPCS zu beachten**

- Beim projizierten CRS arbeiten wir mit Ellipsoid-bezogenen Koordinaten. Wenn in der Örtlichkeit gearbeitet wird, ist neben der Projektionsverzerrung wie beschrieben auch die Messungshöhe und die Erdkrümmung zu berücksichtigen. Aus der Lage und Größe des Projekt-



gebiets sind daher die systematischen Fehleranteile zu ermitteln und für den jeweiligen Anwendungszweck zu prüfen, inwieweit diese noch vernachlässigt werden können. Für „regionale“ Standardanwendungen mit ähnlicher Projektausdehnung (Standardprodukte) kann dies auch pauschal erfolgen (empfohlen).

- Wird der systematische Fehleranteil der „negativen Höhenreduktion“ über die Einführung eines Maßstabsfaktors für das Projektgebiet minimiert (nicht empfohlen), ist dabei zu berücksichtigen, dass nur die X- und Y-Werte skaliert werden dürfen. Der Z-Wert soll ja weiter der Normalhöhe entsprechen. Die verwendete Software muss daher Lage und Höhe der 3D-Koordinaten getrennt verarbeiten können (2D+1D). Dies kann, je nach Anwendung, zu Problemen führen und im Zweifelsfall der Schaden hier höher als der Nutzen sein. Die Verwendung von Verschiebungswerten in X- und Y-Achse kann dazu führen, dass es beim Bezugspunkt der Skalierung (Nullpunkt) zu unterschiedlichen Interpretationen kommt.
- Für Anwendung des LPCS für das Baugelände (IfcSite in der IFC-Datei) gilt, der Ursprung des lokalen Systems liegt bei X,Y,Z bei 0,0,0, nicht gedreht und nicht skaliert! Die Vermessung sorgt als Voraussetzung dafür, dass die Topographie und der Bestand (Geodaten) in diesem System abgebildet werden! Die Planung garantiert, dass die Bauwerke in diesem System positioniert werden! So wie in diesem „virtuellen“ System geplant, können die Bauwerke später aus dem physisch errichteten lokalen Baunetzsystem M 1:1 abgesteckt werden. Durch diese eindeutige Festlegung sind kaum noch Fehlinterpretationen der Georeferenzierung (IFC) möglich.
- Wird ein präzises örtlich vermarktes Vermessungsnetz notwendig (Zwangspunkte für die Ausführungsplanung, für die Bauphase), werden die mit „hinreichender HEPS Genauigkeit“ per GNSS bestimmten „lokalen“ Koordinaten der Festpunkte, in einer freien Netzausgleichung als Näherungskordinaten (Datumspunkte) verwendet. Das lokale „virtuelle“ System wird mit dem Tachymeter gemessenen, als lokales „physisches“ Baunetz manifestiert.
- Der „kleine“ systematische Fehleranteil der nicht berücksichtigten Höhenreduktion und vernachlässigten Abbildungsverzerrung, steckt in den für die Planung bereitgestellten Geodaten und nicht in der geplanten Bauwerksgeometrie, sondern in deren etwas ungenaueren Georeferenzierung (Positionierung der Planung im Bestand). Aus einem manifestierten lokales Baunetz gemessener Bestand ist daher bei Bedarf (Genauigkeitsanforderung) separat entsprechend seiner Entstehung vorzuhalten und zu kennzeichnen (Metadaten, Merkmale/Attribute). Gleiches gilt selbstverständlich für die Planung (Qualitätssicherung).

#### Nachteile der Methode LPCS

- Im Gegensatz zum direkt georeferenzierten Bauwerk wird ein zusätzlicher Teilprozess für das georeferenzierte Baugelände eingeführt.
- Es ist keine CRS-Beschreibung (Erkennung) über Angabe z. B. eines Lagestatus oder eines EPSG-Codes (siehe Deklaration/Metadaten) durch die Verwendung eines individuellen Ursprungs möglich (Verwendung von IfcProjectedCRS).
- Die vorgestellte Methode führt zu entscheidenden Änderungen in der gewohnten Arbeitsweise und notwendig zu Prozessanpassungen, die kommuniziert, verstanden, abgestimmt, erlernt und umgesetzt werden wollen. Eine Notwendigkeit hierfür wird häufig nicht erkannt.

#### 4.1.4 Master-IFC mit Koordinationskörper

Als Basisreferenz für alle Koordinationsmodelle wird eine IFC-Vorlagedatei mit dem Georeferenzmodell zur Verfügung gestellt. Sie beinhaltet die „Georeferenzierung“ und mittels eines Koordinationskörpers eine Repräsentation des Projektkoordinatensystems mit dem Projektnullpunkt (X,Y,Z bei 0,0,0).

Ein allgemeiner Tetraeder als Koordinationskörper symbolisiert in der räumlichen Ansicht einen eindeutig erkennbaren „3D-Nordpfeil“.

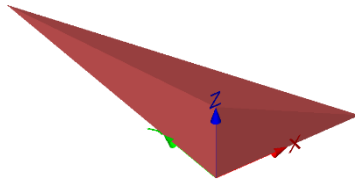


Abb. 4.1.4-1: Vierseitiger Volumenkörper aus Dreiecken mit im Ursprung liegender rechtwinkliger Ecke, dessen Kanten parallel zu den ausgerichteten Achsen [X – horizontal, Y – genordet, Z – lotrecht] des Koordinatensystems verlaufen, mit einer X-Kante doppelt so lang wie die Z-Kante und die Y-Kante wiederum doppelt so lang wie die X-Kante.

Der Koordinationskörper wird mit seinem Namen z. B. „Ursprung des lokalen Systems“ sinnvollerweise direkt `IfcSite` (Grundstück) zugeordnet. Da einige Programme damit wiederum Probleme haben, ist hier zu prüfen, ob der Koordinationskörper als eigenständiges `IfcBuilding` (Bauwerk) definiert werden muss.

Praktisch ist, dass die „Georeferenzierung“ mit dem Ursprung des „örtlichen“ Koordinatensystems (Längen-/Breitengrad) für den Projektionnullpunkt auch unter `IfcSite` eingetragen werden kann.

Beispiel:

```
#8=IFCSITE('3$m6_auhz8RgvpcSjtwvk1',#2,'Ge\l\sdnde','Umgebung',$, #16,$,$,.ELEMENT.,(52,7,48),(14,39,0),0,.$,#18);
```

Die notwendigen Systemdefinitionen (Datum ETRS89, Projektion Cassini) können über IFC-Eigenschaften (`IfcProperty`) des Koordinationskörpers als Attribute bzw. Merkmale integriert werden.

Beispiel:

```
#31=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('_Koordinatensystem','?',IFCLABEL('ETRS89 / lokale Cassini-Projektion'),$);
```

Oder auch alleine ohne `IfcSite.RefLat/IfcSite.RefLon` als PROJ-Deklaration methodisch ausreichend:

```
#40=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('_PROJ','?',IFCLABEL('+proj=cass+lat_0=52.13 +lon_0=14.65 +x_0=0 +y_0=0 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs'),$);
```

Die Angabe `IfcSite.RefLat/IfcSite.RefLon` wird durch gängige Software in der Regel nur als Position, z. B. grober Standortmarker auf einer Übersichtskarte, interpretiert.

Beispiel:

*Bentley (MicroStation) nutzt diese zur Platzierung eines „PlaceMark“ mit dem Namen „IfcSite::Monument“, der dann allerdings in einem weiteren Schritt auch für die Georeferenzierung als Ursprung für einen „Azimutal Bereich“ (Lambert Azimuthal Equal Area Projektion/EPGS:9820) genutzt werden kann. Bei einem Abstand unter 1 km vom Ursprung macht es praktisch keinen Unterschied (Submillimeter), ob ein „Azimutal Bereich“ oder eine Cassini-(Soldner)-Projektion wie empfohlen verwendet wird.*

Es gibt (zu) viele Möglichkeiten der Georeferenzierung (LoGeoRef). Für die bauseitige Verwendung der IFC ist dafür zu sorgen, dass der Import im lokalen System und nicht z. B. durch eine enthaltene Georeferenzierung automatisch in globale Koordinaten (CRS) umgerechnet erfolgt, eine Unsitte bei zu vielen Schnittstellenproblemen durch individuell programmierte Software mit hierzu unterschiedlichen Vorgehensweisen und Lösungen. Es ist daher sinnvoll, keine weiteren Möglichkeiten der „Georeferenzierung“ in der Master-IFC zu nutzen, diese ist gewollt für gängige Software nicht georeferenziert. Ziel ist ja umgekehrt die korrekte Referenzierung des Bestands

(vorliegend im CRS) im lokalen Baugeländesystem LPCS gemeinsam mit der „platzierten“ Planung (Bauwerkssystem).

Konzeptionell soll die Projekt-Georeferenzierung vielmehr als Methode einmalig, manuell und mit Sachverstand für die jeweiligen Anwendungen eingerichtet werden, wo sie dann hinterlegt abgerufen werden kann.

Alternativ könnten sich alle Projektbeteiligten unter Berücksichtigung der nutzbaren Infrastruktur auch auf eine Art der Georeferenzierung der IFC einigen, die ein ausreichend gleiches Ergebnis liefert. Dies ist in der Praxis schwierig, da neben dem Problem Georeferenzierung meist noch weitere Datenformatprobleme gelöst werden müssen und nicht nach dem Export bzw. vor dem Import oder der Referenzierung, an den IFC herumgebastelt werden soll. Es ist zielführender, solche Probleme in der Softwareanwendung zu lösen (z. B. durch Schnittstellenkonfiguration).

Einmal erstellt, kann die Master-IFC als Vorlage für alle weiteren Projekte verwendet werden, da das Projektkoordinatensystems (keine Drehung, keine Skalierung) mit dem Projektnullpunkt (X,Y,Z bei 0,0,0) immer gleich bleibt und nur Längen-/Breitengrad der Georeferenz des Nullpunkts geändert werden muss. Projektspezifische Informationen, IDs, Attribute bzw. Merkmale sind ggf. natürlich ebenfalls anzupassen.

#### 4.1.5 Zusammenfassung des Workflows

##### **Zu Beginn jeder Projektierung werden festgelegt:**

1. Der Planungsbereich bzw. Projektierungsbereich (Übersichtskarte).
2. Dessen linke untere (südwestliche) Ecke als Nullpunkt des LPCS für positive Koordinatenwerte.
3. Das „amtliche“ zu verwendende übergeordnete Landeskoordinatensystem (CRS) für die Georeferenzierung (ETRS89/UTM33, DHHN2016).
4. Die Koordinaten des LPCS-Nullpunkts im CRS (Lage) bzw. dessen geographische Koordinaten.
5. Die Grenze der tolerierbaren systematischen Fehler bzw. eine Vernachlässigung bzw. Berücksichtigung dieser Fehler bei der Planung (Berechnung bzw. Abschätzung der durch die „virtuelle“ Festlegung des LPCS auftretenden Anteile – Approximation der Meridiankonvergenz, Rundung des UTM-Maßstabs – Vergleich der Methoden, Projektion und Einpassung).

Entsprechend der Funktionalität der eingesetzten Software können die im CRS vorliegenden Grundlagendaten verschoben, gedreht und skaliert (eingepasst) oder mittels lokaler Projektion an das LPCS referenziert oder im LPCS bereitgestellt (z. B. über GIS-Export), oder „on the fly“ im LPCS referenziert werden.

Vonseiten der Geoinformation sind die erforderlichen Grundlagendaten strukturiert zusammenzustellen, zu prüfen, ggf. nach ETRS89/UTM zu transformieren oder gleich ins LPCS zu überführen, mit Metadaten zu versehen und in „offenen“ Formaten bereitzustellen. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass alle Daten und weiteren Unterlagen (z. B. auch im Text – Bezugswasserstände, Bestandshöhen, Ausbauhöhen, Pegel, Festpunkte ...) einheitlich im aktuellen Höhensystem DHHN2016 vorliegen bzw. in dieses überführt werden. Entscheidend für die Aufbereitung sind die Schnittstellen und der Funktionsumfang der für die Weiterverarbeitung, Visualisierung, Kollaboration und Prüfung genutzten Software. In der Praxis läuft es darauf hinaus, dass besser alle Daten nur im LPCS übergeben werden, um Probleme bei der Georeferenzierung in den BIM-Softwarewerkzeugen zu vermeiden!

Geplante Bauwerke können nun im LPCS anhand der Bestandsgrundlagen positioniert bzw. ausgerichtet (verschoben und gedreht) werden. Andersherum kann die Bauwerksplanung dann im GIS z. B. für die Landschaftsplanung referenziert werden. Für BIM wird eine Master-IFC mit

Koordinationskörper (Repräsentation des Projektkoordinatensystems mit „Georeferenzierung“) als Basis für die Referenzierung aller Koordinationsmodelle zur Verfügung gestellt.

Soll im Weiteren an einer Bauwerksachse orientiert gearbeitet werden, wird im Autorensystem das Bauwerkskoordinatensystem entsprechend der Einpassung zurück verschoben und gedreht als Benutzerkoordinatensystem eingerichtet oder der Bestand entsprechend referenziert. Als „lokale Umwandlung“ mittels nachgeschalteter Helmert-Transformation ist diese Vorgehensweise bei Bentley-Software sogar vorgesehen und kann aus den Referenzeinstellungen übernommen und gemeinsam mit der Koordinatensystemdefinition gespeichert werden.

#### Im weiteren Verlauf:

- Werden genauere Koordinaten benötigt wird das „virtuelle“ LPCS durch Absteckung, Messung, Ausgleichung als lokales „physisches“ Baunetz manifestiert. Dabei werden Punkte des modellierten Bestands bzw. notwendige Zwangspunkte mit einbezogen und dienen der Einhaltung der erforderlichen Genauigkeit (Qualitätssicherung bzw. Nachjustierung über die Ausgleichung).
- Bei weniger hohen Genauigkeitsansprüchen (z. B. Baufeldgrenzen, Trassenbauwerke) kann direkt im „virtuellen“ LPCS mittels GNSS abgesteckt, gemessen oder kontrolliert werden.

## 4.2 Herausforderungen bei der Einführung der BIM-Methode

*Beitrag von Nikolaus Kemper, Christian Becker, Otto Heunecke und Ulrich Küting*

### 4.2.1 Einleitung

Für die Straßenbauverwaltungen der Länder und zukünftig – ab dem 01.01.2021 – auch für die Autobahn GmbH des Bundes bieten digitale Technologien beim Planen, Bauen und Betreiben große Potenziale, Infrastrukturprojekte schneller und effizienter zu gestalten. Ein Baustein dazu ist Building Information Modeling (BIM). Das BMVI hat beschlossen, diese Methode ab 2020 bei allen neu zu planenden (Groß)Projekten des BMVI zu verwenden (BMVI 2015).

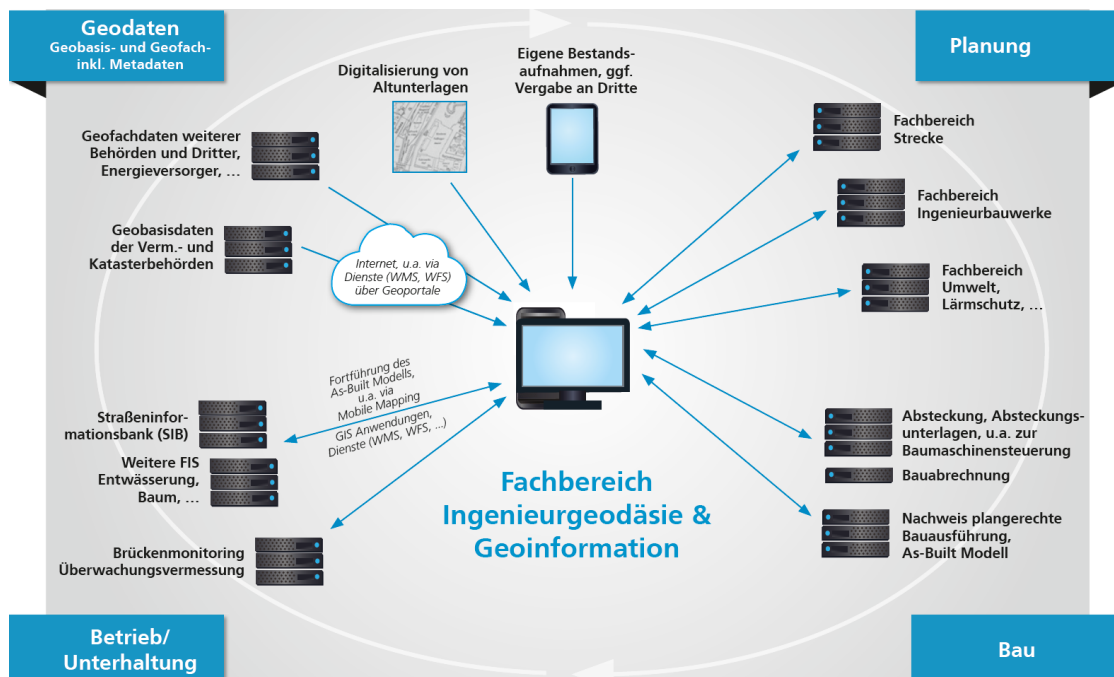


Abb. 4.2-1: Geodatenmanagement im Straßenwesen aus der Sicht des Fachbereiches Ingenieurgeodäsie & Geoinformation in der Straßenbauverwaltung.

Die Abbildung 4.2-1 zeigt aus Sicht des Fachbereiches Ingenieurgeodäsie & Geoinformation einer Straßenbauverwaltung das Geodatenmanagement für verschiedene Aufgaben im Straßenwesen sowie Produkte dieses FB unter Berücksichtigung des Lebenszyklus (Planen, Bauen, Betreiben/Unterhalten) von Straßen. Das digitale, lebenszyklusorientierte Geodatenmanagement, die weiterführende Analyse und die Präsentation von Geodaten ist eine zentrale Aufgabe für die BIM-Methode, um Geobasisdaten, GIS-Anwendungen, Geodatendienste (u. a. der GDI-DE) und ansprechende Visualisierungen von Bauvorhaben für die künftigen Belange der Straßenbauverwaltung projektbezogen, anwendungs- und bedarfsgerecht bereitzustellen.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die BIM-Methode zzt. in vielen Straßenbauverwaltungen der Länder in Pilotprojekten erprobt wird. Die nachfolgenden Arbeitsweisen anhand der BIM Anwendungsfälle sind daher nicht etabliert und können durchaus noch Änderungen erfahren.

### 4.2.2 BIM Anwendungsfälle (AwF)

Das BMVI hat zur Begleitung der BIM Pilotprojekte die ARGE BIM4INRFA2020 beauftragt, die verschiedene AwF herausgearbeitet hat (BMVI 2018). Für den Bereich Ingenieurgeodäsie & Geoinformation im Straßenbau sind insbesondere die folgenden AwF zu betrachten:

- AwF1 – Bestandserfassung.
- AwF3 – Visualisierung.
- AwF19 – Bauwerksdokumentation.

#### Bestandserfassung

Gemäß BMVI (2015) bezeichnet BIM:

- eine kooperative Arbeitsmethodik,
- mit der auf der Grundlage digitaler Modelle eines Bauwerks,
- die für seinen Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten konsistent erfasst, verwaltet
- und in einer transparenten Kommunikation zwischen den Beteiligten ausgetauscht oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden.

„Alle zu erbringenden Leistungen sind auf der Grundlage 3D-fachmodellbasierten Arbeitens in digitaler Form zu liefern ... Sofern weiterhin 2D-Pläne erstellt werden, müssen diese aus 3D-Modellen, die dem Auftraggeber zur Verfügung zu stellen sind, abgeleitet werden“ (BMVI 2015, S. 9).

Kategorie 1		Kategorie 2	Geometrie	Kategorie 1	Attribut-Werte	Kardinalität	
+	themat. Gliederung	Objekte		Attribute		min.	max.
-	Straßenentwässerung	Entwässerungsschacht	P, F, V				
				Deckelform	<a href="#">Deckelform-Liste</a>	0	1
				Deckelverschluß	<a href="#">Deckelverschluß-Liste</a>	0	1
				Mittelpunkt Schachtsohle	#####,### m #####,### m	0	1
				Höhe Schachtsohle	### m	0	1
				Abwasserart	<a href="#">AbwasserArt-Liste</a>	0	1
				Schachtfunktion	<a href="#">Schachtfunktion-Liste</a>	0	1
				Sonderbauwerk	<a href="#">JaNein-Liste</a>	0	1
				Einleitungsstelle	<a href="#">JaNein-Liste</a>	0	1
		Haltung	L, V				
		GerinneMittellinie	L, V				
		EntwässLeitung	L, F, V				
		Sinkkasten	P, F, V	Profilart	<a href="#">Profilart-Liste</a>	0	1
		...	L, F, V				
Erläuterung:							
1 = Kategorie / themat. Gliederung - 2 = Kategorie ... + Objekte - 3 = Kategorie ... + Objekte + Attribute							
P= Punkt, L = Linie, F= Fläche, V = Volumen							

Abb. 4.2-2: Auszug aus Objektliste (Entwurf).

Wertetabelle	Werte	Beschreibung	Bemerkung / Quelle
SchachtFunktion-Liste			OKSTRA 2.017 Schlussetabelle Art_Schacht / gemäß Entwässerungsdoku für FS Kanal bzw. für Entwurf
	0000	unbekannt	
	1000	Prüfschacht	
	2000	Ablaufschacht	
	3000	Absturzschacht	
	4000	Absetzschacht	
	5000	Sickerschacht	
	6000	Absperrschacht	
	6100	...	
	####	...	
	9999	sonstiges	
Erläuterung:		zusätzlicher Eintrag zur Quelle	
1 = Wertetabelle		# ... = Platzhalter	
2 = Wertetabelle + Werte			

Abb. 4.2.3: Auszug aus Wertetabelle des Attributs SchachtFunktion-Liste (Entwurf).

Für den Bereich Ingenieurgeodäsie & Geoinformation im Straßenbau bedeutet dies vielfach eine Änderung der Arbeitsweise von dem bisherigen 2,5D Ansatz hin zum 3D-Modell. Dies erfordert zunächst die Festlegung eines modifizierten Datenmodells auf der Grundlage von Objektklassen. Für Ingenieurbauwerke wurde dies in den Pilotprojekten, die in den Ländern durchgeführt wurden, vielfach auf der Grundlage der Struktur der ASB-Ing vorgenommen. Für die Strecke liegt der Entwurf einer Objektliste vor, die auf der Grundlage der bisherigen Fachbedeutungslisten entstanden ist. Diese wurde im Zuge der derzeit laufenden Novellierung der RAS-Verm erarbeitet. Die Fachbedeutungslisten auf der Grundlage der geometrischen Elemente Punkte, Linien und Flächen sind einzusehen unter <http://www.okstra.de>.

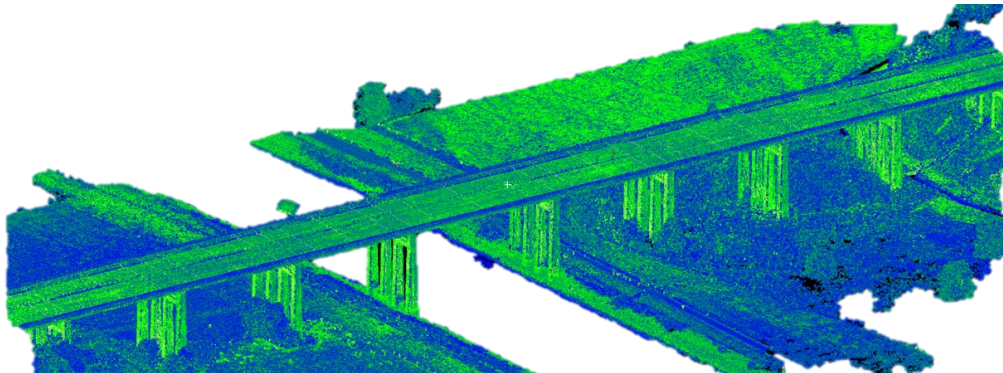


Abb. 4.2-4: Punktwolke TLS (Quelle: RMK, Workshop NLStBV: 12.3.19).

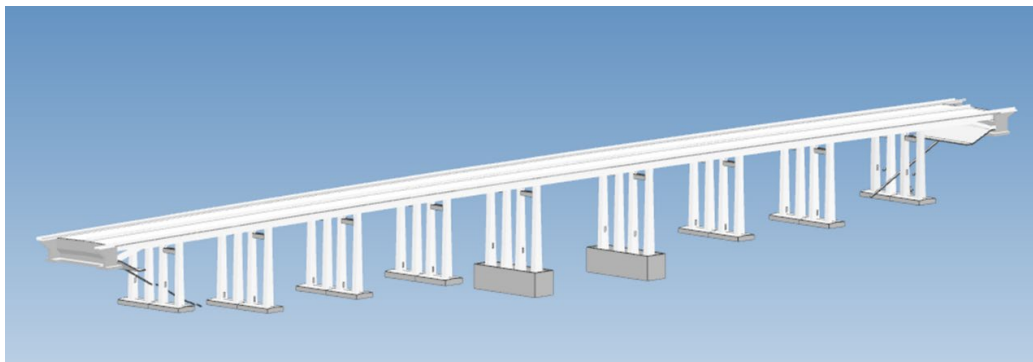


Abb. 4.2-5: Modellierung und Attributierung (Quelle: Contelos, Workshop NLStBV: 12.3.19).

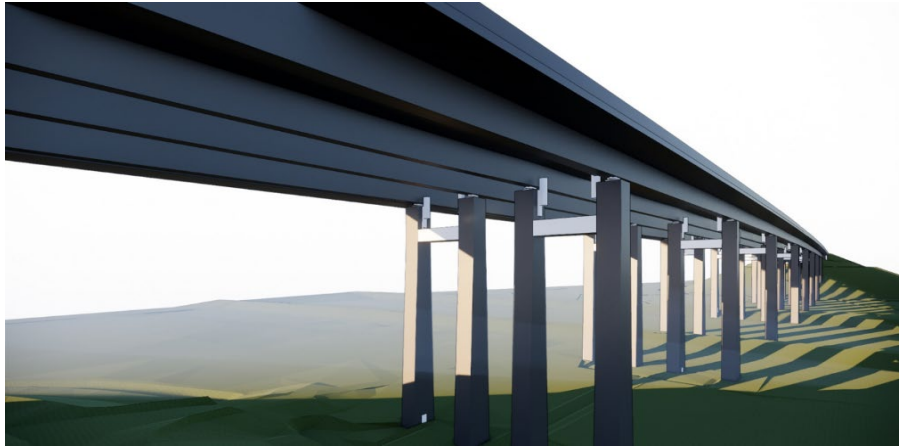


Abb. 4.2-6: Visualisierung eines 3D-Ingenieurbauwerks  
(Quelle: Contelos, Workshop NLStBV: 12.3.19).

Die Abbildung 4.2-2 zeigt einen Auszug aus der Objektliste, die als generisches Modell aufgebaut ist. Dies hat den Vorteil gegenüber einem komplexen Objektmodell, dass nur ein „Metamodell“ in das Datenmodell aufgenommen wird und konkrete Ausprägungen erst in den Daten (oder ggf. in externen Spezifikationen) vorkommen. Das generische Objekt hat mit „IfcProxy/IfcBuildingElement-Proxy“ zudem eine Entsprechung in IFC, sodass sich Geometrie und Semantik übertragen lassen. Abbildung 4.2-5 zeigt das 3D-Modell des Ingenieurbauwerks auf der Grundlage der ASB-Ing, das aus einer TLS Punktwolke (Abbildung 4.2-4) erstellt wurde. Ein detaillierter Praxisbericht zur Aufnahme und Erstellung des gezeigten Ingenieurbauwerks befindet sich in „0 Erfassung und Erstellung eines BIM-konformen Bestandsmodells der Huntebrücke als Teil der A29 bei Oldenburg“.

### Visualisierung

Der AwF Visualisierung betrifft insbesondere den Aspekt der Präsentation im Bereich Geoinformation und tangiert die Qualifikation des o. a. FB mit den heutigen Möglichkeiten der digitalen Kartografie. Während bisher die Präsentation herkömmlicher 2D-Bestandsobjekte über Pläne erfolgte, deren kartografische Festlegungen in Zeichenvorschriften festgelegt sind, werden zukünftig höhere Ansprüche an die Realitätsnähe von 3D-Modellen, u. a. für die Öffentlichkeitsarbeit, gestellt; siehe das Beispiel der Abbildung 4.2-6. Auch der Einsatz von VR und AR wird vermehrt Anwendungen finden.

### Baudokumentation

„Das Baudokumentationsmodell (engl. As-built-Modell) ist die überprüfte digitale Abbildung des tatsächlich gebauten Bauwerks. Sämtliche Modellelemente sind in der realisierten Version mit tatsächlichen Abmessungen, Formen, Lage und Ortsbezug modelliert.“ (BMVI 2019) Zukünftig ist es damit grundsätzlich möglich, das As-built-Modell auf der Grundlage des geplanten 3D-Modells zu erstellen. Wichtig dabei ist der Nachweis einer plangerechten Bauausführung bzgl. der Geometrie und der geometriebetreffenden Attribuierung. Dies sollte mit Methoden der Ingenieurgeodäsie durchgeführt werden.

## 4.2.3 Umgang mit Verzerrungsverhältnissen nach dem Bezugssystemwechsel auf ETRS89/UTM und DHHN2016/NHN

Die Darstellung des vielschichtigen Geodatenmanagements in Abbildung 4.2-1 unterstreicht die Wichtigkeit eines eindeutigen Raumbezugs im Zusammenspiel der beteiligten FB bei der BIM-Methode. Mit der INSPIRE-Richtlinie wird u. a. auch die Zielsetzung der Schaffung eines einheitlichen

europäischen Raumbezugs verfolgt. In Deutschland wurde dies mit dem Bezugssystemwechsel auf Lagekoordinaten im System ETRS89/UTM und Höhen im System DHHN2016/NHN vollzogen. Wie bei jeder konformen Abbildung werden auch bei der UTM-Abbildung die Strecken und Flächen gegenüber ihren Werten in der Örtlichkeit verzerrt dargestellt. In den meisten Regionen Deutschlands hat dieser Maßstabseffekt eine größere Wirkung als bei der bisher verwendeten Gauß-Krüger-Abbildung. Bleibt dieser Effekt in einer Prozessphase unberücksichtigt, kommt es zwangsläufig zu Abweichungen zwischen der geplanten und der tatsächlichen Bauausführung. Während diese Abweichungen früher bei der Gauß-Krüger-Abbildung als tolerierbar betrachtet wurden, erfordert die UTM-Abbildung nun einen methodisch korrekten Umgang mit der Maßstabsproblematik bei der Realisierung von Infrastrukturprojekten der Straßenbauverwaltungen.

Unabhängig von der Planungs- und Bauaufgabe erfolgt üblicherweise die planungsbegleitende Vermessung sowie die fortlaufende Bestandserfassung im amtlichen Lagebezugssystem ETRS89/UTM. Auf dieser Grundlage kann in den meisten Fällen auch die Planung und der Bau von Verkehrsanlagen (= Streckenbau) erfolgen, da hier die bei der UTM-Abbildung auftretenden Abweichungen zwischen der geplanten und der tatsächlichen Bauausführung i. d. R. bewusst vernachlässigt werden können. Bei der Errichtung von Ingenieurbauwerken (vgl. Abbildung 4.2-7) und den damit verbundenen höheren Genauigkeitsansprüchen an deren lagerichtige Übertragung in die Örtlichkeit kann es jedoch erforderlich sein, den Einfluss des Projektmaßstabs bereits zu Beginn der Ausführungsplanung zu berücksichtigen. In diesem Fall ist dann zwischen den Fachbereichen Ingenieurgeodäsie und konstruktiver Ingenieurbau abzustimmen, ob die Ausführungsplanung auf Grundlage eines transformierten digitalen Objektmodells in einem örtlichen Koordinatensystem im Maßstab  $m = 1$  erfolgen muss. In diesem Abstimmungsprozess ist zu klären, ob einerseits die Abweichungen zwischen geplanter und tatsächlicher Bauausführung aufgrund der Dimensionierung des Bauwerks tolerierbar sind und zum anderen örtliche Zwangsbedingungen eingehalten werden müssen. Bisherige Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, dass sich der zusätzliche Transformationsaufwand des digitalen Objektmodells auf spezielle Bauwerke beschränken lässt. In jedem Fall ist aber bei der Absteckung im Rahmen der Bauvermessung sicherzustellen, dass die Konstruktionsmaße des geplanten Bauwerks unverändert ( $m = 1$ ) in die Örtlichkeit übertragen werden. Die Abbildung 4.2-7 zeigt ein Schema, wie mit den Verzerrungen bedingt durch die UTM-Abbildung umzugehen ist.



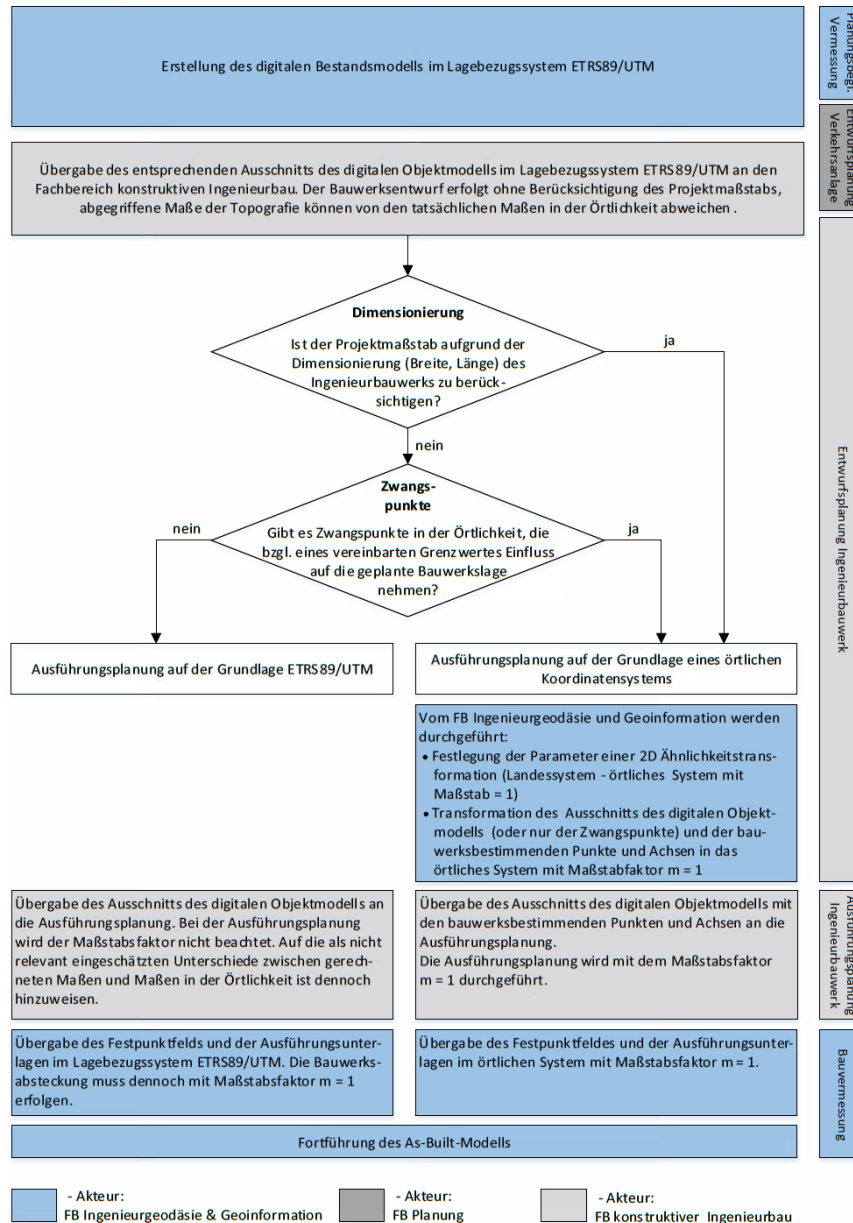


Abb. 4.2-7: Methodischer Umgang mit dem Projektmaßstabeffekt bei der Planung und dem Bau von Ingenieurbauwerken.

### 4.2.4 Kooperative Arbeitsweise

BIM erfordert eine kooperative Arbeitsweise, die den Austausch aller relevanten Informationen zwischen den Fachbereichen ermöglicht. Dazu erarbeiten die einzelnen FB i. d. R. mit unterschiedlicher fachspezifischer Software ihre Fachmodelle. Die Kollaboration wird zukünftig auf einer gemeinsamen Projektplattform, einer CDE, erfolgen. Die CDE ermöglicht auch das Zusammenstellen der einzelnen Fachmodelle zu einem Koordinationsmodell, um eine modellbasierte Kommunikation zu ermöglichen und frühzeitig Konflikte möglichst automatisiert zu erkennen.

Die kooperative Arbeitsweise erfordert eine Festlegung von Rollen, Rollenbeschreibungen und Verantwortlichkeiten, die in sog. AIA festgelegt werden. Aufseiten des AG bzw. AN sind folgende Rollen

möglich (BMVI 2019): BIM-Manager (AG), BIM-Gesamtkoordinator (AN), BIM-Koordinatoren für verschiedene FB (AG, AN). Eine wichtige Absprache ist die Festlegung der Modelle (Abschnitt 4.2-2) sowie der verwendeten Koordinatenreferenzsysteme. Wie in Abschnitt 4.2-3 aufgeführt, können Abbildungsverzerrungen und Höhenreduktionen, zusammengefasst in einem Projektmaßstab, zu Differenzen zwischen einem lokalen Koordinatensystem und einem amtlichen Bezugssystem wie ETRS89/UTM führen, die zu berücksichtigen sind. Dies ist folglich bei der Zusammenstellung der einzelnen Fachmodelle zu einem Koordinationsmodell in Form von mitzuführenden Metadaten zu beachten.

#### 4.2.5 Vertragliche Regelungen

Bisher erfolgte die Vergabe ingenieurgeodätischer Leistungen auf der Grundlage von Leistungsbeschreibungen, deren Leistungsphasen, Honorierung und Ausführung in der HOAI\* und weiteren Richtlinien beschrieben sind. Grundzüge dieser Regelungen sind auch bei Anwendung der BIM-Methode weiterhin erforderlich und müssen zum Teil überarbeitet werden. Zudem sind aufseiten des AG AIA zu entwickeln, die durch weitere Dokumente ergänzt werden. Dazu gehören eine genaue Leistungsbeschreibung, Modellierungsrichtlinien, Bauteilkataloge und angepasste Richtlinien, wie z. B. die derzeit in Novellierung befindlichen RAS-Verm.

Die Überarbeitung der vorhandenen Unterlagen erfolgt gegenwärtig z. B. auch durch die Ergänzung der bisherigen Leistungsbeschreibung um die Erstellung von 3D-Modellen und die Erstellung eines FGSV Wissensdokumentes für den Umgang mit Verzerrungsverhältnissen nach dem Bezugssystemwechsel auf ETRS89/UTM und DHHN2016/NHN. Der AN dokumentiert darauf aufbauend seine Realisierung in einem BAP.

\* HOAI: Mindest- und Höchstsätze aufgehoben mit Urteil des Europäischen Gerichtshofs vom 4. Juli 2019.

#### 4.2.6 Verwendete Abkürzungen

AIA:	AuftraggeberInformationsanforderungen	HOAI:	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
AG:	Auftraggeber	NLStBV:	Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr
AN:	Auftragnehmer	OKSTRA	Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen
AR:	Augmented Reality	SIB:	Straßeninformationsbank
AwF:	Anwendungsfälle	TLS:	Terrestrisches Laserscanning
ASB-Ing:	Anweisung Straßeninformationsbank Ingenieurbauwerke	RAS-Verm:	Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Vermessung, Ausgabe 2001
BAP:	BIM-Abwicklungsplan	VR:	Virtual Reality
CDE:	Common Data Environment	WMS:	Web Map Service
FB:	Fachbereich	WFS:	Web Feature Service
FGSV:	Forschungsgesellschaft für Straße- und Verkehrswesen		
FIS:	Fachinformationssystem		
GDI-DE:	Geodateninfrastruktur Deutschland		

#### 4.2.7 Quellen

BMVI (Hrsg.) (2019): BIM4INFRA2020 – Handreichungen und Leitfäden – Teile 1 bis 10.

<https://bim4infra.de/leitfaeden-muster-und-handreichungen>.

BMVI (Hrsg.) (2018): BIM4INFRA2020 – Umsetzung des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“. [https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2018/09/AP1.2-AP1.3\\_BIM4INFRA\\_Bericht-Stufenplan.pdf](https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2018/09/AP1.2-AP1.3_BIM4INFRA_Bericht-Stufenplan.pdf).

BMVI (Hrsg.) (2015): Stufenplan Digitales Planen und Bauen. [https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile).

FGSV (Hrsg.): FGSV-Wissensdokument – Die Verwendung des amtlichen geodätischen Raumbezugs für die Aufgaben der Straßenbauverwaltung und des Verkehrswesens nach dem Bezugssystemwechsel auf ETRS89/UTM und DHHN2016/NHN. Zzt. im Entwurf.

FGSV (Hrsg.): RAS-Verm; Richtlinien Anlage Straßen – Vermessung. Zzt. in Bearbeitung.

## 4.3 BIM im Ingenieurbüro – denken wir neu!

– Wie kann eine BIM-Strategie im Ingenieurbüro erfolgreich eingeführt werden? –

*Beitrag von Beatrice Messmer*

### 4.3.1 Einleitung

Die Einführung von BIM steht in Deutschland nach wie vor am Beginn. Werden BIM-Projekte durchgeführt, werden Geodäten bisher häufig nicht als aktive Teilnehmer BIM-basierter Prozesse wahrgenommen. BIM bietet jedoch insbesondere für die Geodäsie eine Chance, ihre Expertise verstärkt einzubringen und ihre Dienstleistungen im BIM-Kontext neu zu denken. Dies begründet die Notwendigkeit, sich auch im Ingenieurbüro intensiver mit Innovation und einer BIM-Strategie zu befassen.

Wird die Produktivität des Bausektors der vergangenen Jahre betrachtet, so ist auffällig, dass die Baubranche stark hinter andere Branchen zurückfällt. Die Arbeitsproduktivität in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts belegt, dass im Jahr 1991 eine höhere Produktivität als im Jahr 2018 im Bausektor erreicht wurde (Statistisches Bundesamt 2020). Branchenvergleiche zeigen, dass andere Branchen, wie z. B. die Automobilbranche, schon lange mit digitalen Fertigungsmodellen arbeitet. Bevor Fahrzeuge in die Produktion gehen, werden die Abläufe tausende Male durch computergestützte Simulationen intensiv vorab geprüft. Weiter kann angeführt werden, dass das Image der Baubranche und das Label „Made in Germany“ stark angekratzt ist, wie die Beispiele des Flughafens BER, die Hamburger Elbphilharmonie oder Stuttgart 21 zeigen. Langwierige und analoge Baugenehmigungsverfahren erschweren darüber hinaus eine rasche und zeitgemäße Bearbeitung (Messmer & Austen 2020).

Auch die Geodäsie ist zunehmend durch externe und interne Faktoren unter Druck, sich aktiv mit Innovation und neuen Aufgabenfeldern auseinanderzusetzen. Dies zeigt sich z. B. im Automatisierungsgrad des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. So liegt die Automatisierbarkeit der Tätigkeiten eines Vermessungsingenieurs bei 55 %, eines Technikers bei 50 % und eines Beamten im Vermessungswesen (höherer Dienst) bei 88 % (Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 2020). Bei Betrachtung vieler Baustellen ist darüber hinaus zunehmend sichtbar, dass immer mehr geodätische Tätigkeiten aufgrund des technologischen Fortschritts durch andere am Bau beteiligte Akteure durchgeführt werden. Die zunehmend einfachere Bedienung von GNSS-Empfängern, Tachymetern, Drohnen oder Laserscannern wird diese Tendenz weiter verstärken.

BIM kann aber nicht einfach im Laden gekauft werden oder 1:1 kopiert werden, sondern muss für jede Organisation erarbeitet werden. Die Frage, die sich daran anstellt, ist: Wie kann dies am besten gelingen?

Im Folgenden wird eine Herangehensweise kompakt vorgestellt, wie BIM strategisch in einem Ingenieurbüro implementiert und wie dieser Weg in vier Schritten erfolgreich gegangen werden kann. Diese Herangehensweise wurde aus mehreren bereits existierenden BIM-Leitfäden und Empfehlungen abgeleitet. Zu nennen sind dabei insbesondere der Leitfaden BIMiD des Fraunhofer Instituts (2018) und die Empfehlungen aus dem BIM-Manager Handbuch von Mark Baldwin (2018). Darüber hinaus fließen auch praktische Erfahrungen aus dem Bereich der strategischen Unternehmensberatung und BIM-Implementierung für größere Organisationen und Großkonzerne mit ein. Diese Herangehensweise ist speziell für kleine und mittelständische Unternehmen entwickelt und angepasst worden.

Abbildung 4.3-1 zeigt die vier aufeinander aufbauenden Schritte einer BIM-Strategie-Einführung in einem Ingenieurbüro auf. Im Zentrum eines erfolgreichen Veränderungsprozesses steht dabei immer der Mensch, der von der Anwendung der neuen Methodik überzeugt sein sollte. Dafür dient der erste Schritt: das Aufzeigen der BIM-Notwendigkeit, der neuen Chancen und motivierender Anreize zum

Mitmachen. Im zweiten Schritt geht es darum, für den eigenen Tätigkeitsbereich BIM-basierte geodätische Anwendungen zu erarbeiten, um konkret zu verstehen, wie BIM das eigene Dienstleistungsspektrum verändert oder ggf. auch erweitern kann. Durch den dritten Schritt wird auf die einzelnen BIM-Strategie-Komponenten eingegangen, wie z. B. was sind die eigenen BIM-Ziele? Welche Software wird benötigt, um die neuen Dienstleistungen anbieten zu können? Wie muss sich ggf. die IT-Infrastruktur anpassen? Welche Schulungen werden im Unternehmen benötigt und wie sehen Schulungsprogramme für einzelne Mitarbeiter konkret aus? Das Wichtige dabei ist, dies alles in einer BIM-Strategie zu dokumentieren und gleichzeitig intern als auch extern mit den Kunden gezielt zu kommunizieren. Als letzter folgerichtiger Schritt erfolgt dann die operative Umsetzung. Im Folgenden werden nun die einzelnen Komponenten nochmals genauer beschrieben. An dieser Stelle sei auf die weiteren Hinweise in Messmer & Austen (2020) verwiesen.

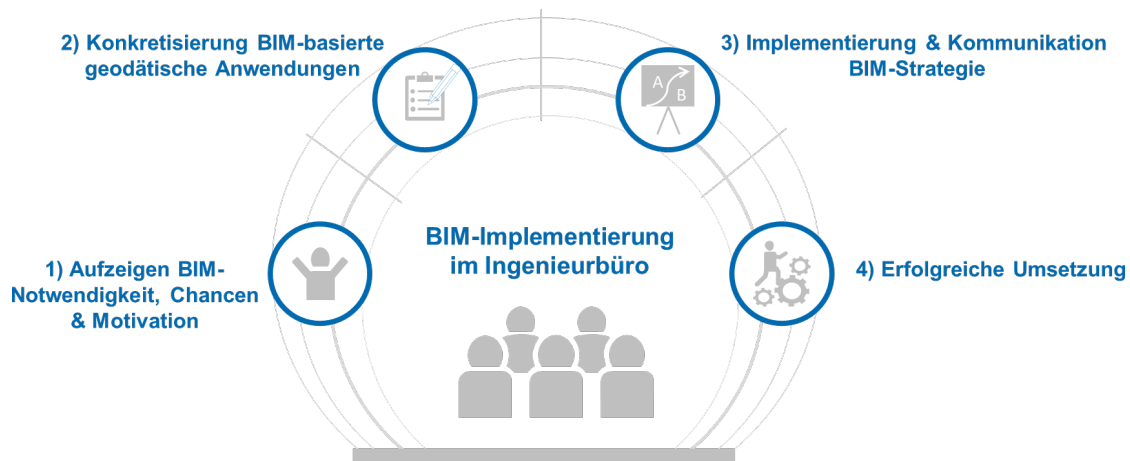


Abb. 4.3-1: BIM-Implementierung im Ingenieurbüro in vier Schritten.

#### 4.3.2 BIM-Notwendigkeit, Chancen & Motivation

Im ersten Schritt erfolgt die Erläuterung der Notwendigkeit, warum BIM auch Einfluss auf die Tätigkeiten in einem Ingenieurbüro im Bereich Geodäsie hat. Als weitere Herausforderung kann zu den bereits genannten Gründen der Fachkräftemangel genannt werden. Der Einsatz von digitalen Werkzeugen und modernen Arbeitsprozessen kann für Digital Natives ausschlaggebende Kriterien für eine Berufs- bzw. Unternehmenswahl sein. Neue Dienstleistungen oder die Einnahme einer neuen Rolle, z. B. als BIM-Koordinator, kann dabei helfen, auch die Bezahlung in der Branche steigen lassen zu können. BIM bietet dafür Möglichkeiten, auch den Spaßfaktor, wie durch Pilling (2019) genannt, zu erhöhen. Ebenso ist die zunehmende Nachfrage nach BIM-basierten Dienstleistungen vonseiten des Kunden ein weiterer Anreiz, sich als Inhaber und Angestellter in einem Vermessungsbüro aktiv damit zu beschäftigen, was BIM für das eigene Unternehmen bedeutet und wie das Berufsbild des Geodäten sich weiterentwickeln kann – welche Chancen es also bietet, diese aktuellen Herausforderungen selbst mitzugestalten. Als weiteres Ziel dieses ersten Schritts ist es auch herauszufinden, welches BIM-Verständnis im Unternehmen grundsätzlich herrscht. Erste kleine Schulungen im Workshop-Format und Praxisbeispiele können auch hier helfen, interaktiv von Beginn an mit allen Kollegen Bedenken und Zweifel abzubauen, Chancen aufzuzeigen und die Motivation bei allen zu steigern.

**Ziel Schritt 1:** Notwendigkeit aufzeigen, erstes BIM-Verständnis aufbauen, BIM-Akzeptanz schaffen, BIM-Potenziale & Anwendungen durch konkrete Beispiele aufzeigen, Bedenken & Fragen klären.

### 4.3.3 Konkretisierung BIM-basierte geodätische Anwendungen

Nachdem die ersten Weichen für BIM durch den ersten Schritt gelegt wurden, geht es im zweiten Schritt darum, BIM konkret für das eigene Unternehmen und die angebotenen Dienstleistungen zu betrachten. Dafür gibt es verschiedene agile Methoden aus der Betriebswirtschaftslehre und dem Innovationsmanagement, wie z. B. die Design Thinking Methode<sup>37</sup>. Eine Grundvoraussetzung dieser Erarbeitung ist es aber, die Grundlagen von BIM und die Potenziale dieser Methode zu verstehen. Es erfordert von allen am Bau beteiligten Akteuren ein Umdenken und ein Ausbrechen aus der eigenen Denkweise. An dieser Stelle wird auf herausgearbeitete BIM-basierte Anwendungen im Abschnitt 3.2 von Messmer & Austen (2020) und das Grundlagenkapitel „BIM in der Ingenieurvermessung“ dieses Leitfadens verwiesen. Ebenso können aus dem BIM-Projekt Execution Planning Guide weitere Ideen für mögliche BIM-Anwendungen auch über den geodätischen Kontext hinaus eingesehen werden (Messner et al. 2019). Diese können als Anhaltspunkt für mögliche erste BIM-basierte geodätische Anwendungen herangezogen werden. Wichtig ist es dabei, sich über die eigenen derzeit bereits angebotenen Dienstleistungen und Kunden klar zu werden und was in Zukunft die eigene Unternehmensstrategie und -vision sein soll.

Als Beispiele können die BIM- und GIS-Datenintegration in der Planungsphase, die As-built-Kontrolle in der Bauausführungsphase oder die Modellierung in der Bestandsphase genannt werden. Ebenso kann aufgrund der langjährigen Erfahrung in der Datenverarbeitung raumbezogener Daten die Rolle als BIM-Koordinator in Zukunft in Erwägung gezogen werden.

**Ziel Schritt 2:** Erarbeitung BIM-basierte geodätische Tätigkeiten für eigenes Unternehmen, Anpassung und ggf. Erweiterung der Dienstleistungen.

### 4.3.4 BIM-Strategie dokumentieren, implementieren & kommunizieren

Im dritten Schritt werden die einzelnen Bestandteile einer BIM-Strategie zusammengefasst, die sich vor allem aus dem zweiten Schritt ableiten lassen. Für die notwendige Transparenz und das einheitliche BIM-Verständnis ist eine Dokumentation einer BIM-Strategie für den internen Zweck, aber ggf. auch für die externe Kommunikation, sehr zu empfehlen. Welche Bestandteile diese BIM-Strategie konkret enthält, kann von Organisation zu Organisation variieren. Als Vorschlag können folgende Bausteine enthalten sein: BIM-Ziele, BIM-Roadmap, BIM-Wissen, BIM-Change Managementprozess, BIM-Software/IT-Landschaft, BIM-Standards und BIM-Kommunikation.

Die einzelnen Bestandteile können z. B. in Workshop-Formaten mit den Mitarbeitern und Kollegen gemeinsam erarbeitet werden oder auch mit externer Hilfe.

**BIM-Ziele:** Welche BIM-Ziele werden in der eigenen Organisation verfolgt? Die Ziele können z. B. klassische Umsatzziele oder Teilnahme an x BIM-Projekten sein. Ziele sollten nach Möglichkeit dabei immer „SMART“ formuliert sein. SMART steht im deutschen für: spezifisch, messbar, akzeptiert, realistisch und terminiert.

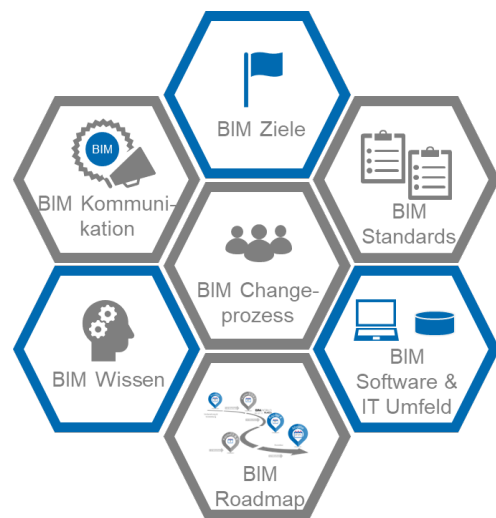


Abb. 4.3-2: Beispiel für Bestandteile einer BIM-Strategie.

<sup>37</sup> Die Design Thinking Methode beschreibt einen strukturierten Innovationsprozess. Ausgehend von Problemen und Herausforderungen von Kundengruppen werden gezielte Ideen generiert, getestet und umgesetzt.

**BIM-Wissen:** Damit die BIM-Anwendungen richtig umgesetzt und die BIM-Ziele erreicht werden können, ist es notwendig, sich über das relevante BIM-Wissen für die eigene Organisation im Klaren zu sein. Möglichkeiten sind hier Gruppenschulungen, aber auch individuelle Schulungen zu speziellen Methodik-/Verständnisfragen oder zu BIM-Software.

**BIM-Change Managementprozess:** Eine BIM-Strategie sollte nach Möglichkeit ebenso Inhalte zum Veränderungsmanagement enthalten. Welche Elemente dies konkret umfasst, hängt sehr stark von den Rahmenbedingungen, wie z. B. der Altersstruktur, ab. Beispiele können sein, dass Workshop-Formate bzw. Teilhabe fördernde Maßnahmen in der gesamten BIM-Strategie-Erarbeitung bereits von Beginn fest verankert sind. Dass eine BIM-Strategie in vielen Teilen gemeinsam erarbeitet wird, kann bei der Akzeptanz des Vorhabens ein wichtiger Erfolgsfaktor sein.

**BIM-Software & Hardware/IT-Landschaft:** BIM verändert auch die Anforderungen an die anzuwendende Software und Hardware. Welche Tools benötigt werden und an welchen Stellen ein Upgrade z. B. der Rechnerleistung erforderlich scheint, hängt von den BIM-Anwendungen und BIM-Zielen ab. Ebenso sollten dabei auch die Wünsche des Kunden mit in Betracht gezogen werden, da manchmal der Datenaustausch, z. B. in nativen Datenformaten, gefragt ist.

**BIM-Standards:** In den meisten Fällen werden die BIM-Dokumenten-Standards, wie z. B. AIA oder BAP, von Auftraggeberseite vorgegeben. Dennoch ist es an dieser Stelle wichtig, die Vorgaben der Kunden zu kennen, zu verstehen und ggf. auch darauf hinzuweisen, wenn geodätisch relevante Aspekte nicht zufriedenstellend berücksichtigt werden, wie z. B. Angaben zum PCS und CRS, Genauigkeitsangaben (LOIN, LoA, LoAD) etc.

**BIM-Kommunikation:** Eine nicht zu unterschätzende Komponente ist die Kommunikation über BIM, sowohl intern als auch extern. Intern fördert es die Transparenz und Akzeptanz, extern kann es nicht nur ausschlaggebend für den Erhalt eines Auftrags sein, sondern z. B. im Bereich des Fachkräftemangels eingesetzt werden, um die Zukunftsfähigkeit und Vielseitigkeit eines Berufs im geodätischen Umfeld aufzuzeigen.

**BIM-Roadmap:** Durch die BIM-Roadmap werden die einzelnen Ziele und Bestandteile zusammengeführt, mit zeitlichen Horizonten versehen, Verantwortlichkeiten festgelegt und ein Maßnahmenkatalog entwickelt. Somit wird die gesamte BIM-Strategie mit konkreten Aufgaben befüllt.

**Ziel Schritt 3:** Einführung BIM-Strategie, Schaffung von Transparenz, Konkretisierung von BIM, Aufstellung Schulungs- und Lernpläne, Steigerung Innovationskraft.

#### 4.3.5 Erfolgreiche Umsetzung

Als vierten und letzten Schritt erfolgt die Umsetzung der definierten Maßnahmen und die aktive Teilhabe an BIM-Projekten. Dabei ist es aber auch wichtig, von anderen Projektteilnehmern als aktiver Part in einem BIM-Projekt wahrgenommen zu werden. Deshalb ist die im vorherigen Abschnitt angerissene BIM-Kommunikation essenziell.

Da es sich in Deutschland bei BIM noch um eine relativ neue Methode handelt und der technologische Wandel in rasanter Geschwindigkeit immer wieder neue Lösungen hervorbringt, ist es zu empfehlen, sich mindestens einmal jährlich die Zeit zu nehmen, um zu betrachten, ob die BIM-Strategie weiterhin die richtigen Weichen stellt oder ob an der ein oder anderen Stelle nachjustiert werden sollte. Agilität ist heute eine der zentralen Herausforderungen sämtlicher Organisationen. Sie kann durch verschiedene Maßnahmen aus dem Innovationsmanagement unterstützt werden.

**Ziel Schritt 4:** Erfahrungen sammeln, BIM leben, Teilhabe und Mitgestaltung am digitalen Wandel.

Dieses beschriebene Vorgehen kann als erste Hilfestellung dienen, BIM in der eigenen Organisation strategisch zu betrachten und als festen Bestandteil in der Unternehmensstrategie zu verankern.

Es liegt nun an jedem Einzelnen, sich aktiv einzubringen, einen Kulturwandel zu wollen und dafür Sorge zu tragen, die Geodäsie oder andere Fachdisziplinen auch in Zukunft als unverzichtbare Disziplinen im Bauen und im Gestalten der Umwelt zu halten. Der digitale Wandel bietet uns nun unzählige Möglichkeiten – denken wir neu! Falls Sie Fragen zu konkreten Schritten oder zu weiteren anwendbaren Methoden haben, wenden Sie sich gerne an mich.

#### 4.3.6 Verwendete Abkürzungen

AIA:	AuftraggeberInformationsanforderungen	LoAD	Level of As-is-Dokumentation
BAP:	BIM-Abwicklungsplan	LOIN	Level of Information Needed
CDE:	Common Data Environment	PCS	Project Coordinate System
CRS	Coordinate Reference System		
LoA:	Level of Accuracy		

#### 4.3.7 Quellen

Baldwin, M. (2018): Der BIM-Manager: Praktische Anleitung für das BIM-Projektmanagement. DIN – Deutsches Institut für Normung e. V., Mensch und Maschine Schweiz AG. Berlin: Beuth.

Fraunhofer IBP (2018): BIMiD-Leitfaden. Valley: Fraunhofer IBP.

Messmer, B. & Austen, G. (2020): BIM – Ein Praxisleitfaden für Geodäten und Ingenieure. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Messner, J.; Anumba, C.; Dubler, C.; Goodman, S.; Kasprzak, C.; Kreider, R., . . . Zikic, N. (2019): BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.2. (C. I. Program, Hrsg.) Pennsylvania, Penn State, USA. <https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanningv2x2/>(Oktober 2019).

Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (2020): Job Futuromat. <https://job-futuromat.iab.de/> (Januar 2020).

Pilling, A. (2019): BIM – Das digitale Miteinander (3., aktualisierte und erweiterte Auflage). Berlin: Beuth.

Statistisches Bundesamt (2020): VGR des Bundes – Produktivität,[...], Wirtschaftsbereiche. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1578996516842&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=81000-0017&auswahlte> (Januar 2020).



## 4.4 Vorteile und Nutzungsmöglichkeiten bei der Verwendung von (amtlichen) Geodaten in BIM-Autorensoftware mit dem CityBIM-Plug-in

Beitrag von Tim Kaiser, Marcus Schröder, Hendrik Görne, Sören Meier und Christian Clemen

Die digitale Verknüpfung der Geodäsie/Geoinformatik (GIS) und der Bauwelt (BIM) ist einer der wesentlichen Schwerpunkte der Forschungsgruppe DD-BIM an der HTW Dresden. Das Ziel des CityBIM-Plug-ins ist es, praktische Wege zur Geodatenintegration für BIM-Projekte zu ermöglichen. Für die BIM-basierte Planung von Bauwerken kommt spezielle, sogenannte BIM-Autorensoftware zum Einsatz. Die an der HTW Dresden eingesetzte Software Autodesk Revit ist nativ, hinsichtlich der Geodatenverarbeitung wenig komfortabel und unterstützt die Geodatenintegration nur unzureichend. Um diese wichtigen Funktionalitäten besser in den Planungsprozess integrieren zu können, kann aber auf das quelloffene City2BIM-Plug-in für Revit zurückgegriffen werden. Folgende Grundfunktionalitäten werden durch das Plug-in zur Verfügung gestellt:

- **Georeferenzierung** von BIM-Projekten, inklusive Transformation zwischen WGS84 & ETRS89 UTM,
- Import von **Digitalen Geländemodellen** (unterschiedlicher Dateiformate),
- Import von **3D-Stadtmodellen** (Serverabfrage (WFS) oder Dateibasiert (CityGML; Encoding nach AdV oder SIG3D)),
- Import von **ALKIS-Bestandsdaten** (NAS-Format),
- Import von **XPlanung** (XPlanGML),
- Import von **CAD-Zeichnungen** (DXF) und Objektgenerierung (DXF-Blockattribute),
- Export nach **IFC** (zusätzliche Metadaten/Semantik als IFCPropertySets).

Zentrale Voraussetzung für die erfolgreiche Zusammenführung der amtlichen Geodaten mit dem digitalen Bauwerksmodell ist dessen korrekte **Georeferenzierung**. In Revit erfolgt dies unter anderem über die koordinatenmäßige Bestimmung des Projektbasispunktes. Zur Vereinfachung dieses Prozessschrittes stellt das entwickelte Plug-in ein Dialogfenster (Abb. 4.4-1: ) zum Setzen relevanter Parameter (z. B. des Koordinatenreferenzsystems) bereit. Die Speicherung der Georeferenzierung erfolgt direkt im Revit-Projekt und wird beim IFC-Export über die Entität IFC-MapConversion sichergestellt.

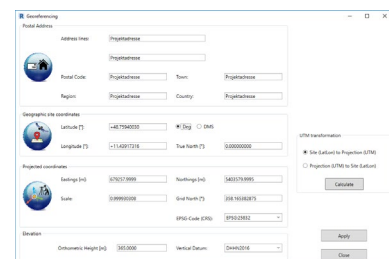


Abb. 4.4-1: Georeferenzierung des BIM-Projekts.

Mithilfe von **Digitalen Geländemodellen (DGM)** kann die umgebende Topographie im BIM-Autorensystem dargestellt werden. DGMs können beispielsweise aus einer Geodateninfrastruktur (GDI) bezogen werden oder durch Vermessungsaufnahmen, je nach gewünschtem Detaillierungsgrad mit Bruchkanten oder anderen Strukturelementen, erstellt werden. Das Plug-in erlaubt den Import mehrerer, etablierter Datenformate (vgl. IFC-Terrain in Kapitel 4.5) unter Berücksichtigung aller vorliegenden Informationen. Somit können As-is-Gelände importiert werden. Dies steht beispielsweise für die Kollisionserkennung oder auch als Geländegrundlage für die Projektion weiterer Daten (GIS/CAD) zur Verfügung.

**Digitale 3D-Stadtmodelle** (Abb. 4.4-2: ) helfen ebenfalls den geographischen Kontext bei der Planung zu Berücksichtigen. Ästhetik, Verschattung und Windsimulation spielen bei Investitionsentscheidungen eine immer wichtigere Rolle. Mittels des Plug-ins können CityGML-Gebäudedaten importiert werden, die über das native Revit nicht verarbeitet werden können. Der Import kann entweder dateibasiert (CityGML) oder als Serverabfrage (WFS) erfolgen. Dabei ist es möglich, die Gebäude unterteilt in ihren Einzelflächen oder als „wasserdichten“ Volumenkörper zu importieren. Neben der reinen Gebäudegeometrie werden zusätzlich die im Datensatz enthaltenen semantischen Attribute in Revit importiert. Dabei können die von der AdV und der SIG3D verwendeten Codes in ihrer Bedeutung „übersetzt“ werden. Nach aktuellem Baurecht dürfen sich Abstandsflächen von Baukörpern nicht überschneiden. Die für diese Prüfung notwendigen Eingangsdaten können teilweise aus den Stadtmodellldaten abgeleitet werden, sodass eine zukünftige Implementierung im Plug-in vorgesehen ist. Während des IFC-Exports wird die Gebäudegeometrie als `IfcBuildingElementProxy` mit zugehörigen `IfcPropertySets` für die Attributwerte verarbeitet.

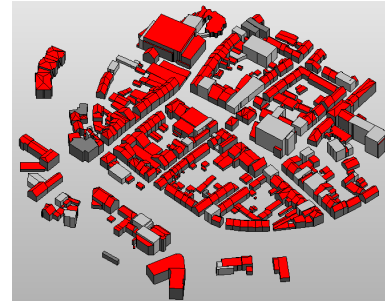


Abb. 4.4-2: Digitales Stadtmodell in BIM-Autorensoftware.

Eigentumsrechte und zugehörige Flurstücke sind im Planungsprozess zwingend zu beachten. Die Verknüpfung der **ALKIS-Bestandsdaten** mit dem Digitalen Gebäudemodell stellt daher einen großen Vorteil dar (Abb. 4.4-3). Der Import ist für Datensätze im NAS-Format möglich und kann im Nahbereich (ca. 500 m) für die Bereitstellung von Grundstücks- und Raumordnungsinformationen verwendet werden. Zusätzlich können diese auf ein 2.5D-Geländemodell drapiert werden. Der Import kann nach den verschiedenen, je nach Anforderung erforderlichen Themen (z. B. Flurstücke, Wege, Wasserflächen), beschränkt werden. Auch bei der Verarbeitung der Daten aus dem Liegenschaftskataster werden neben den Geometrien die Sachdaten mit überführt. Der IFC-Export der eingelesenen Objekte erfolgt über die Entitäten `IfcSite` oder `IfcGeographicElement`. Die Ausgabe der Semantik wird ebenfalls über `IfcPropertySets` sichergestellt.

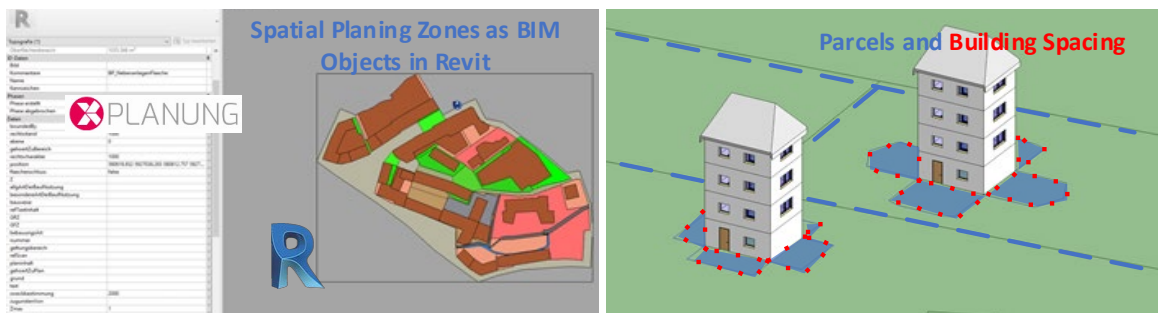


Abb. 4.4-3: Daten der Bauleitplanung, Grundstücksgrenzen und berechnete Abstandsflächen (Bildquelle: Clemen 2021).

XPlanung stellt die logische Verknüpfung der Bauleitplanung, Raumordnungsplänen und Landschaftsplänen zur Verfügung. Dabei können 2D-Datensätze im GML-Anwendungsschema importiert werden. Auch hier können die zu verarbeitenden Layer beschränkt werden. Die Linien- und Flächen werden auf das Gelände drapiert. Alle Teilflächen werden als einzelne BIM-Objekte klassifiziert und attribuiert. Die semantischen Informationen der ursprünglichen Daten bleiben vollständig erhalten und stehen im BIM-Projekt zur Verfügung. Der regelbasierte Abgleich mit dem Baurecht und den speziellen gesetzlichen Anforderungen der Bundesländer ist Gegenstand weiterer Arbeiten.

Die CAD-Integration hilft im Kontext von Vermessungsarbeiten, den erfassten Außenbereich modellbasiert abzubilden. Elemente des Außenbereichs können so für die Kollisionsprüfung mit anderen

Fachmodellen verwendet werden. Objektklassen und Attribute können im Gegensatz zu herkömmlichen CAD sehr gut für die Qualitätssicherung (z. B. Vollständigkeit, Konsistenz mit AIA-Vorgaben) verwendet werden. Die geodätische Arbeitsweise soll somit möglichst unverändert bleiben. Alle relevanten CAD-Systeme exportieren das DXF-Format, das als Eingangsformat für das Tool gewählt wurde. Die Werkzeuge „SurveyorsplanToRevit“ und „SurveyorsplanToIcfc“ stellen ergänzende Hilfsmittel, um Lage- und Höhenpläne „objektifiziert“ nach Revit zu importieren bzw. nach IFC zu konvertieren, bereit. Die Semantik (DXF Attribute) wird in Revit als Shared Parameter importiert oder als IFCPropertySets exportiert.

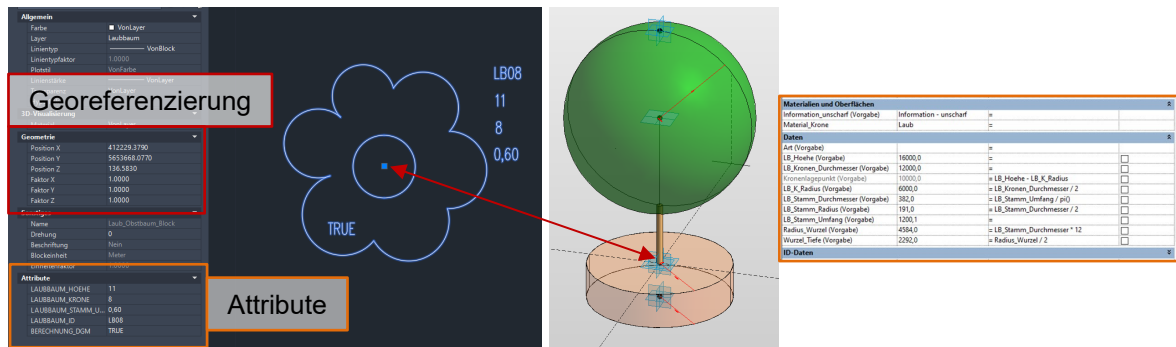


Abb. 4.4-4: CAD-Integration im CityBIM-Plug-in.

Das quelloffene CityBIM-Plug-in kann über das GitHub-Repository <https://github.com/dd-bim> heruntergeladen werden. Wir brauchen Ihre Hilfe! Bitte testen Sie unsere Software, die teilweise durch studentische Arbeiten an der HTW Dresden entstanden ist und berichten Sie uns von Ihren Erfahrungen!

Die Open-Source-Softwareentwicklung wurde durch die Stadt Dresden (DD-BIM), regionale Partner (tp management, IPROconsult, DVW u. a.) und das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) in folgenden Projekten und in Zusammenarbeit mit den folgenden Unternehmen gefördert: CityBIM (16KN057437) mit Virtual City Systems, Berlin; LandBIM (16KN086425) mit GeoOffice, Falkensee; TerrainTwin (16KN086446) mit LandplanOS, Osnabrück

Bildquelle: Clemen, C.; Kaiser, T.; Romanschek, E.; Schröder, M. (2021): Site Plan for BIM? – A Free and Open Source Plug-In for As-Is Vicinity Models to be Used in Small and Medium-Sized BIM-Projects. In: FIG e-Working Week 2021 Smart Surveyors for Land and Water Management.

## 4.5 Konvertierung und Bereitstellung von standardkonformen Digitalen Geländemodellen im BIM-Kontext

Beitrag von Marcus Schröder, Tim Kaiser, Enrico Romanschek und Christian Clemen

Digitale Geländemodelle (DGM) werden für Planungs- und Bauprozesse von Vermessungsunternehmen gemessen, qualitätsgesichert und digital aufbereitet. Die auf diese Weise professionell erstellten DGMs werden meist in den üblichen CAD-Datenformaten (z. B. DXF) an den Kunden übergeben. Jedoch sind CAD-Formate für BIM nur beschränkt geeignet. Auch die großflächigen Geländemodelle der Vermessungsverwaltungen werden durch die Geodateninfrastrukturen in für BIM ungeeigneten Datenformaten bereitgestellt. Für den standardkonformen openBIM-Austausch von Geländemodellen wird daher an der HTW Dresden das quelloffene und freie Softwaretool IfcTerrain entwickelt, das die Konvertierung von vorhandenen DGMs in das IFC-Format ermöglicht. Folgende Eingangsformate können dabei gelesen werden, wobei je nach Format Punkte und Bruchkanten, TINs oder Flächen aus zusammengesetzten Polygonen verarbeitet werden:

- **LandXML** (TIN und zusätzliche Bruchkanten),
- **CityGML** (TIN),
- **DXF** (wählbarer Layer – Punkte, Linien, TIN und zusätzliche Bruchkanten),
- **REB** (DA45, DA49, DA58) (wählbarer Horizont – Punkte, TIN und zusätzliche Bruchkanten),
- **Höhenraster** (XYZ) von Geodatendiensten,
- **GrafBAT** (Punkten, TIN und zusätzliche Bruchkanten) oder
- **PostGIS** (Geodatenbank mit Punkten, TIN und zusätzliche Bruchkanten).

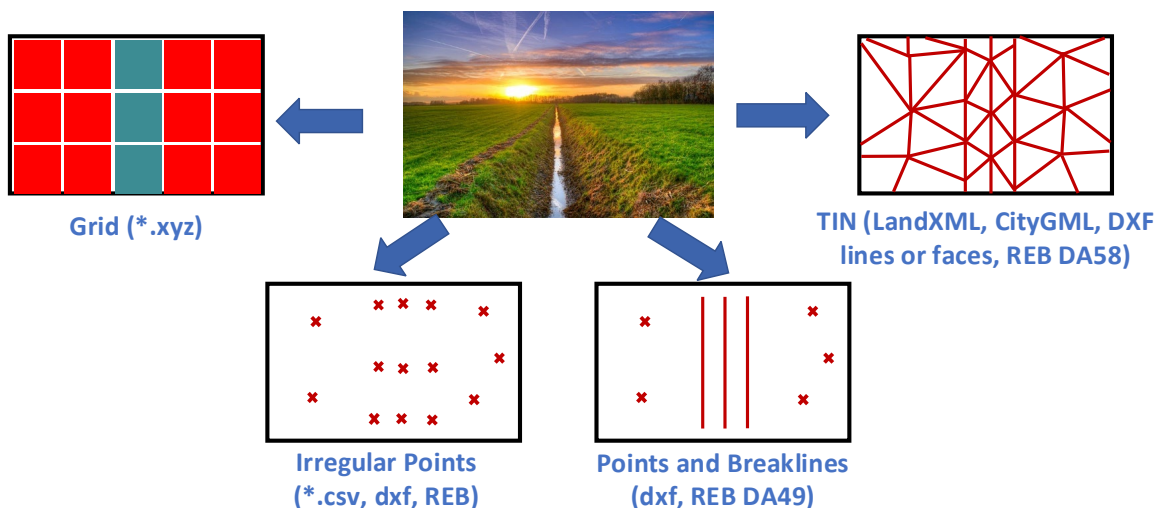


Abb. 4.5-1: verschiedene Repräsentationen von Digitalen Geländemodellen.

Die Industry Foundation Classes (IFC) ermöglichen es, Digitale Geländemodelle (DGM) durch unterschiedliche Geometrietypen darzustellen. Die verschiedenen BIM-Viewer, BIM-Autorensysteme und BIM-Kollaborationsplattformen verarbeiten die exportierten Geometrietypen unterschiedlich. Die **geometrische Repräsentation** in IFC kann über drei verschiedene Arten erfolgen. Diese speichern die Geländeinformation auf unterschiedliche Weise.

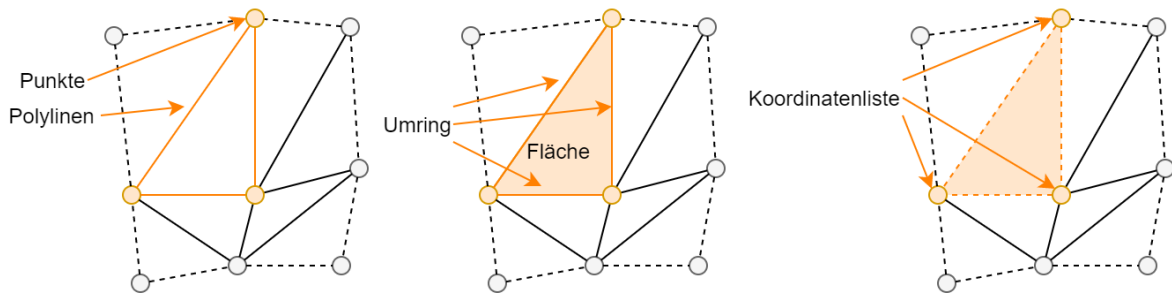


Abb. 4.5-2: Geometrische Repräsentation: IfcGeometricCurveSet (Links), IfcShellBased-SurfaceModel (Mitte), IfcTriangulatedFaceSet (Rechts) (Abbildung nach Clemen et al. 2021).

Aus diesem Grund besteht die Möglichkeit, über IfcTerrain den Export nach IFC zu konfigurieren. Die Konvertierung kann über eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) oder als batchfähige Konsolenanwendung (CMD) durchgeführt werden. Letzteres wird über eine einfache JSON-Datei, die durch die IfcTerrain GUI erzeugt wird, konfiguriert. Diese kann auch in einem Texteditor nachbearbeitet werden.

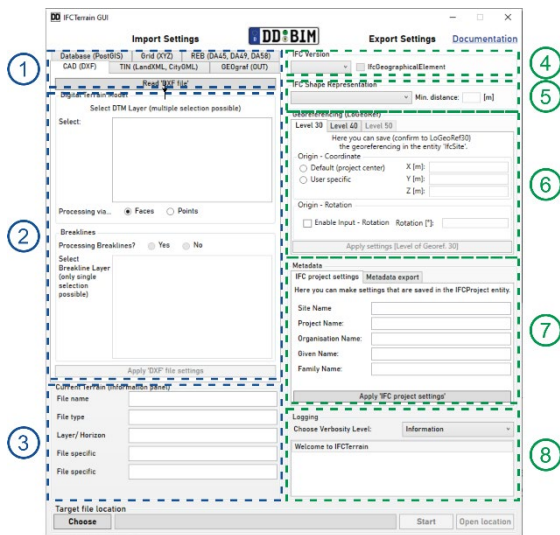


Abb. 4.5-3: IfcTerrain – Grafische Benutzeroberfläche (Abbildung nach Clemen et al. 2021).

Software		STEP Physical File (*.ifc)			IFCXML (*.ifcXML)		
		IfcGCS	IfcSBSM	IfcTFS	IfcGCS	IfcSBSM	IfcTFS
FZK Viewer KIT	import	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	edit	✓	✓	✓	x*	x*	x*
DDS-CAD Viewer	import	✓	✓	✓	x	x	x
	edit	✓	✓	✓	x	x	x
Solibri	import	✓	✓	✓	x	x	x
	edit	x	✓	✓	x	x	x
Autodesk Revit	import	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	edit	✓*	✓	x**	x*	x*	x*
Navisworks Manage	import	✓	✓	✓	x	x	x
	edit	✓	✓	✓	x	x	x
ALLPLAN	import	✓	✓	✓	x	x	x
	edit	x	✓	✓	x	x	x
Tekla Structures	import	✓	x	✓	x	x	x
	edit	✓	x	✓	x	x	x
Trimble Connect	import	x	✓	✓	✓	✓	✓
	edit	x	✓	✓	x*	x*	x*
GEOgraf A³	import	x	✓	✓	x	x	x
	edit	x	✓	✓	x	x	x
RDF Ltd. IFC Viewer	import	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	edit	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Xbim Explorer	import	x	✓	✓	x	✓	✓
	edit	x	✓	✓	x	✓	✓
12d Model	import	x	✓	✓	x	✓	✓
	edit	x	✓	✓	x	✓	✓

Abb. 4.5-4: Unterstützte Repräsentation verschiedener Softwareprodukte (Abbildung nach Clemen et al. 2021).

Die Konfiguration wurde für den Nutzer möglichst einfach gehalten und gliedert sich in Import- und Exporteinstellungen. Die IFC-Export-Einstellungen sind nötig, da viele Softwareprodukte die IFC-DGMs nicht vollständig auswerten können. Anhand folgender Schritte wird die Konfiguration durchgeführt:

- 1) Auswahl des Eingabeformats,
- 2) formatspezifische Importeinstellungen (Layerauswahl, Bruchkantenverarbeitung),
- 3) Informationsübersicht,
- 4) IFC-Exportversion (IFC2x3; IFC4) und Ausgabe als IfcSite oder IfcGeographicElement,
- 5) Geometrische Repräsentation,

- 6) Georeferenzierung (wählbares Level (30-50) nach LoGeoRef-Konzept),
- 7) Metadaten und IfcProject-Einstellungen,
- 8) Protokollierung und Konfiguration des Verbosity Levels.

IfcTerrain ist in erster Hinsicht ein Konverter, der zunächst versucht, die Eingabegeometrie unverändert zu überführen. Sollte dies fehlschlagen, wird für die Punktinformationen eine Delaunay Triangulation gerechnet. Auf algorithmischer Ebene kann auch eine bedingte Delaunay Triangulation durchgeführt werden, die die übergebenen Bruchkanten einrechnet.

**Metadaten**, die für das BIM-Informationsmanagement benötigt werden, können über die GUI für die Verwendung in CDEs nach DIN SPEC 91391-2 vergeben werden. Es werden auch DGM-spezifische Metadaten nach DIN 18740-6 angelegt. Mittels der GUI lassen sich Informationen zu Modelltyp, Datenmodell, Darstellungsformat, Aktualität, Dominierende Ersterfassungsmethode, Standardabweichung, Lagereferenzsystem und Höhenbezugssystem zuordnen.

IfcTerrain steht als quelloffene Software im folgenden GitHub-Repository <https://github.com/dd-bim> zur Verfügung und kann in einer aktuellen Release-Version für Windows heruntergeladen werden. In Zukunft soll IFCTerrain um einen Webdienst ergänzt werden, der die Online-Konvertierung der Geländemodelle ermöglicht.

Die Open-Source-Softwareentwicklung wurde durch die Stadt Dresden (DD-BIM), regionale Partner (tp management, IPROconsult, DVW, u. a.) und das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) in folgenden Projekten und in Zusammenarbeit mit den folgenden Unternehmen gefördert: LandBIM (16KN086425) mit GeoOffice, Falkensee; TerrainTwin (16KN086446) mit LandplanOS, Osnabrück

Bildquellen: Clemen, C.; Schröder, M.; Kaiser, T.; Romanschek, E. (2021): IfcTerrain – A Free and Open Source Tool to Convert Digital Terrain Models (DTM) to Openbim Industry Foundation Classes (IFC). In: ISPRS-Annals volume VIII-4/W2-2021 – ISPRS TC IV The 16th 3D GeoInfo Conference in conjunction with 3D Cadastres.

## 5 Produkte

### 5.1 Software

In diesem Kapitel werden exemplarisch einzelne Softwareprodukte vorgestellt. Diese wurden von den einzelnen Unternehmen, die dem Beteiligungsauftrag des „DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement“ und des „Runden Tisches GIS e. V.“ gefolgt sind, zum Leitfaden beigesteuert.

Die nachfolgenden Produktvorstellungen wurden von den jeweiligen Herstellern auf Grundlage vorgegebener Templates erstellt. Ebenso beruhen alle Daten und Fakten auf Herstellerangaben. Trotz größter Sorgfalt können für Irrtümer und Fehler keine Haftung übernommen werden.

nti

# SCAN2 BIM WORKSHOP



#### Kontakt NTI Deutschland

✉ [vertrieb-de@nti-group.com](mailto:vertrieb-de@nti-group.com)  
 🌐 [www.nti-group.com/de](http://www.nti-group.com/de)  
 ☎ +49 89 255 52155 0

Nutzen Sie die bisher wenig wahrgenommenen Chancen, die sich für den Geodäten in der Digitalisierung der Bau- und Immobilienbranche ergeben und machen Sie Ihr Team fit für die Zukunft!  
**Ihre Schulungsblöcke sind dabei frei individualisierbar:**



BIM-Grundlagenschulung



Registrierungsprozess




BIM-konforme  
Bestandsmodellierung in  
Revit bzw. Civil 3D



Arbeit mit herstellernerneutralen  
Datenformaten IFC und BCF

Mehr Informationen zu unserem Scan2BIM Workshop finden Sie unter: [www.nti-group.com/de/scan2bim](http://www.nti-group.com/de/scan2bim)

### 5.1.1 Autodesk Civil 3D und InfraWorks

Autodesk Civil 3D und InfraWorks sind Softwarelösungen zur Umsetzung von BIM in der Vermessung und Infrastrukturplanung 

#### Kurzbeschreibung

InfraWorks dient in der Infrastrukturplanung als Vorplanungs- und Visualisierungstool mit Varianten-erstellung. Des Weiteren können verschiedene Analysen (Verkehrs- und Sonnenstandsanalysen oder Flutsimulationen) durchgeführt werden. Für diese Zwecke können verschiedenste Datenformate (u.a. IFC, IFC 4x3, LandXML, PDF, SHP) importiert werden. Es kann dabei auch auf Eigenschaften der Objekte zurückgegriffen werden, um bspw. die Visualisierung automatisiert zu steuern. Die verschiedenen Importformate ermöglichen es, dass der Architekt, der Tiefbauer und der Landschaftsarchitekt die Planung vereinen und somit dem Auftraggeber ein besseres Bild der gesamten Planung übermitteln können.

InfraWorks ist eine der wenigen Softwarelösungen, die aus einer Punktwolke (Aufnahme UAV, MMS) ein performantes Digitales Geländemodell erzeugen kann und dabei die automatisierte Erzeugung von langgezogenen Bruchkanten/Linienobjekten ermöglicht.

Das erzeugte Digitale Geländemodell kann anschließend in Civil 3D weiterverarbeitet und für die Infrastrukturplanung freigegeben werden. Dabei erfolgt die Anbindung der Datenbank von InfraWorks direkt an Civil 3D. Es werden also alle Attribute des Geländemodells übergeben.

Natürlich lassen sich auch tachymetrische und GNSS-Messungen für die Erstellung von Lage- und Höheplänen (inkl. DGM) importieren und auswerten. Die Messungen können Zusatzattribute (z.B. Daten eines Baumkatasters) und/oder Linienverbindungen beinhalten. In der Infrastrukturplanung wird mit dynamischen Objekten vom DGM über die Achse bis hin zum fertigen Straßenkörper gearbeitet, um am Ende der Planung Absteckdaten in einem für den Geodäten aufbereiteten Format zu extrahieren.

Die NTI Deutschland GmbH hat u. a. für dieses Thema Workflows entwickelt. Wir unterstützen Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmen rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen, praxisnahe Schulungen und BIM-Beratung.



**AUTODESK Civil 3D**



**AUTODESK InfraWorks**

#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Datenauswertung, Analyse, Planung, Simulation
<b>Anwendungsfelder</b>	Vermessung, Punktwolkenbearbeitung & -auswertung, Analyse/Simulation, Visualisierung (2D, 3D), Berechnung, Infrastrukturplanung, Tiefbau
<b>Schnittstellen</b>	u. a. IFC2x3, IFC4, IFC4.1, IFC 4x3, OKSTRA, cpiXML, LandXML, REB, DWG, DXF, DWF, PDF, ISYBAU, pkt, csv, ASCII-codierte Punktformate
<b>Voraussetzungen</b>	Win 10 64 Bit, 8 GB RAM, Dual- besser Quadcore-Prozessor, CAD-zertifizierte Grafikkarte
<b>Systemarchitektur</b>	Desktopsoftware für Windows
<b>Referenzprojekte</b>	Weltweite Projekte mit unterschiedlichsten BIM-Anforderungen, closed BIM, open BIM

#### Kontaktinformationen

Carolin Leipold, NTI Deutschland GmbH, cale@nti-group.com, www.nti-group.com/de





## 5.1.2 Autodesk Revit

### Die Software für Building Information Modeling im Hochbau

#### Kurzbeschreibung

Revit fasst im Hochbau alle Gewerke unter einem Dach zusammen. Ob Sanierung, Umbau oder Neubau – Revit bietet für alle Modellierungsvorhaben die Vorteile eines parametrischen, durchgängigen Gebäudemodells. Jede Änderung wird automatisch im gesamten Modell aktualisiert, egal in welcher Sicht auf das Modell (Ansicht, Schnitt ...) sie vorgenommen wurde. Vom ersten Entwurf bis hin zur Ausführungsplanung bietet Revit intuitive Funktionen wie die Variantenplanung, Energie- und Lichtanalysen sowie fotorealistische Renderings.

Greifen Sie dabei auf eine umfangreiche Bauteil-Bauteilbibliothek zurück, um die täglichen Herausforderungen in der Modellierung zu realisieren oder verwenden Sie Punktwolken als Modellierungsgrundlage für Bauteile oder Grundrisse. Weiterhin können Sie mit bestimmten Laserentfernungsmessgeräten Maße direkt an Revit senden. Mit Dynamo für Revit wird die visuelle Programmierung in Revit integriert. So können Sie Punkdateien in Revit laden und daraus Grundrisse erstellen. Dabei werden die Punktarten für die Definition der Bauteile herangezogen.

Die durchgängige 3D-Arbeitsweise lässt Sie schon in frühen Phasen Kollisionen mit anderen Gewerken erkennen. Vernetzen Sie sich und arbeiten gemeinsam mit mehreren Teams an einem Projekt.

Die NTI Deutschland GmbH hat u. a. für dieses Thema Workflows entwickelt. Das Systemhaus unterstützt Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmern rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen, praxisnahe Schulungen und BIM-Beratung.



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Modellierung, Datenintegration (CAD/BIM), Informationsmodellierung, Kollisionsanalyse/-simulation, Visualisierung (2D, 3D), Berechnung
<b>Anwendungsfelder</b>	Bauen im Bestand, Hochbau, Bauausführung, Monitoring, Innenarchitektur
<b>Schnittstellen</b>	z. B. IFC2x3, IFC4, RVT, DWG, DXF, DWF, gbXML, PDF, alle gängigen 3D-Formate und weitere
<b>Voraussetzungen</b>	Win 10 64 Bit, 8 GB RAM, Multi-Core i-Series Prozessor oder Ähnliche, CAD-zertifizierte Grafikkarte
<b>Systemarchitektur</b>	Desktopsoftware für Windows
<b>Referenzobjekte</b>	Weltweite Projekte mit unterschiedlichsten BIM-Anforderungen, closed BIM, open BIM

#### Kontaktinformationen

Sara Schmidt, NTI Deutschland GmbH, [sasc@nti-group.com](mailto:sasc@nti-group.com), [www.nti-group.com/de](http://www.nti-group.com/de)



### 5.1.3 Scan2BIM mit Autodesk Revit

Die BIM-Software Autodesk Revit ist ein wichtiges Werkzeug für jeden Vermesser



#### Kurzbeschreibung

Die Digitalisierung im Bauwesen schreitet kontinuierlich voran und revolutioniert traditionelle Arbeitsmethoden. Ein bedeutendes Instrument dieser Entwicklung ist die Scan2BIM-Technologie, die besonders im Hochbau bemerkenswerte Fortschritte ermöglicht.

Scan2BIM beschreibt den Prozess, bei dem physische Gebäude mittels Laserscanning oder photogrammetrischen Verfahren digital erfasst und in ein BIM-Modell überführt werden. Dies ermöglicht eine präzise Abbildung bestehender Strukturen in einer digitalen Umgebung.

Autodesk Revit, eine führende Software im Bereich BIM, bietet leistungsstarke Werkzeuge zur Integration von Scandaten. Die Punktwolken werden in Revit verlinkt, wo sie als Referenz für die Modellierung dienen. Revit ermöglicht eine nahtlose Bearbeitung der Punktwolkendaten. Ingenieure und Architekten können aus diesen Daten genaue BIM-Modelle erstellen und dabei die vorhandene Gebäudestruktur detailliert nachbilden. Die Software unterstützt \*.rcp und \*.rcs Daten und bietet Funktionen zur Filterung und Segmentierung, um die Modellierung zu erleichtern.

Die NTI Deutschland GmbH hat u. a. für dieses Thema Workflows entwickelt. Das Systemhaus unterstützt Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmen rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen und bietet praxisnahe Schulungen sowie BIM-Beratung.



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Arbeiten mit Punkten, Modellierung, Datenintegration (CAD/BIM), Informationsmodellierung, Kollisionsanalyse/-simulation, Visualisierung (2D, 3D), Berechnung, Absteckung, Aufnahme
<b>Anwendungsfelder</b>	Bauen im Bestand, Hochbau, Bauausführung, Monitoring, Innenarchitektur
<b>Schnittstellen</b>	z. B. IFC2x3, IFC4, RVT, DWG, DXF, DWF, gbXML, PDF, alle gängigen 3D-Formate, CSV, TXT, DAT, DBF, TLF, MEP, LandXML, HeXML und weitere
<b>Voraussetzungen</b>	Win 10 64 Bit, 8 GB RAM, Multi-Core i-Series Prozessor oder Ähnliche, CAD-zertifizierte Grafikkarte
<b>Systemarchitektur</b>	Desktopsoftware für Windows mit Plug-in
<b>Referenzprojekte</b>	Weltweite Projekte mit unterschiedlichsten BIM-Anforderungen, closed BIM, open BIM

#### Kontaktinformationen

Sara Schmidt, NTI Deutschland GmbH, [sasc@nti-group.com](mailto:sasc@nti-group.com), [www.nti-group.com/de](http://www.nti-group.com/de)

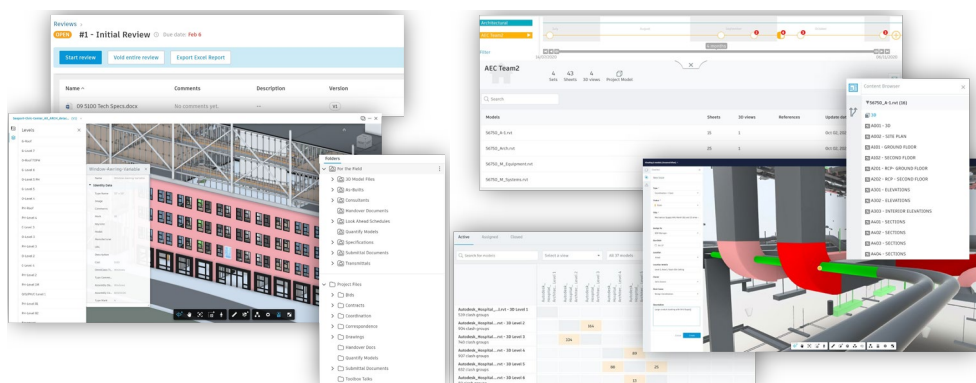


### 5.1.4 Autodesk Construction Cloud

Ihre zentrale Datenquelle für jedes Projekt +

#### Kurzbeschreibung

Die Autodesk Construction Cloud (ACC) ist die CDE (Common Data Environment) von Autodesk. Sie bietet verschiedene Tools und Lösungen für das Bauwesen, um den gesamten Lebenszyklus eines Bauprojekts zu unterstützen. Sie kombiniert Funktionen für Planung, Ausführung und Betrieb und ermöglicht eine nahtlose Zusammenarbeit zwischen allen Projektbeteiligten. Die ACC umfasst Module für das Projektmanagement, die Dokumentenverwaltung, das Baukostenmanagement und die Qualitätskontrolle. Durch die Nutzung von Cloud-Technologie ermöglicht die Plattform den Zugriff auf aktuelle Informationen in Echtzeit, fördert die Transparenz und verbessert die Effizienz in der Projektabwicklung. Die Plattform ist darauf ausgelegt, die Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Architekten, Ingenieuren, Bauunternehmern und anderen Stakeholdern zu optimieren.



Die NTI Deutschland GmbH hat u. a. für dieses Thema Workflows entwickelt. Das Systemhaus unterstützt Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmern rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen, praxisnahe Schulungen und BIM-Beratung.

**AUTODESK**  
Construction Cloud

**AUTODESK**  
Construction Cloud Elite Partner

#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	CDE (Common Data Environment), Viewer, Aufgaben- und Projektmanagement, Freigabeprozesse, Kollisionsanalyse, Mobile Bauüberwachung
<b>Anwendungsfelder</b>	Hochbau, Tiefbau, Anlagenplanung, Infrastrukturplanung, Bauherren
<b>Schnittstellen</b>	z. B. IFC2x3, IFC4, RVT, DWG, DXF, DWF, gbXML, PDF, alle gängigen 3D-Formate, Office Formate und Medien Formate
<b>Voraussetzungen</b>	64-Bit-Browser in der neuesten Version (Chrome, Firefox, Safari und Edge)
<b>Systemarchitektur</b>	Webbasierter Dienst
<b>Referenzobjekte</b>	Weltweite Projekte mit unterschiedlichsten BIM-Anforderungen, closed BIM, open BIM

#### Kontaktinformationen

Nils Wickenhagen (niwi@nti-group.com), NTI Deutschland GmbH



### 5.1.5 ALKIS NAS Daten für CAD und GIS-Systeme +



#### Kurzbeschreibung

Katasterdaten werden deutschlandweit im NAS-Datenformat abgegeben. Diese Daten bilden die Grundlagen für Planungen und müssen für die Verwendung in CAD und GIS-Systemen aufbereitet werden.

Diese Aufgabe übernehmen Konverter, welche die Daten aus dem GML Format Datenbankstrukturen überführen.

Die Daten können dann mittels Autodesk Technologien in Autodesk Civil 3D und MAP 3D verwendet werden.

Für die Straßenplanung auf der Basis der OKSTRA Norm bildet dieser Bestand die Grundlage für das Grunderwerbsmodul.

Die NTI Deutschland GmbH hat u. a. für dieses Thema Workflows entwickelt. Das Systemhaus unterstützt Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmern rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen, praxisnahe Schulungen und BIM-Beratung.

#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Datenkonvertierung ALKIS NAS in Datenbanken
<b>Anwendungsfelder</b>	Bauen im Bestand, Hochbau, Bauausführung, Monitoring, Innenarchitektur
<b>Schnittstellen</b>	ALKIS NAS, SQLite, PostgreSQL
<b>Voraussetzungen</b>	Win 11 64 Bit, 8 GB RAM, Multi-Core i-Series Prozessor oder Ähnliche, CAD-zertifizierte Grafikkarte
<b>Systemarchitektur</b>	Desktopsoftware für Windows
<b>Referenzobjekte</b>	Deutschlandweite Projekte bei Planern, Kommunen

#### Kontaktinformationen

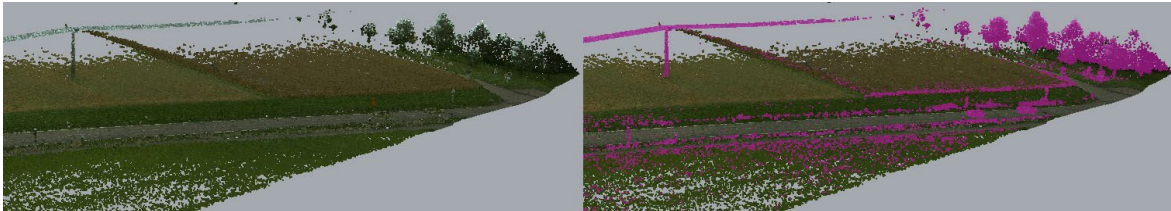
Daniel Pahnke (dapa@nti-group.com), NTI Deutschland GmbH



### 5.1.6 Automatisierte Auswertung von Punktwolken mit Autodesk ReCap Pro +

#### Kurzbeschreibung

Autodesk ReCap Pro ist eine Software, um Punktwolken aus verschiedensten Herstellerformaten einzulesen, intelligent auszuwerten, zu indizieren und zu bereinigen. ReCap Pro bietet die Möglichkeit Punktwolken zu klassifizieren. Hier werden Bodenpunkte von Nicht-Bodenpunkte unterschieden. Somit können Punktwolken schnell aufbereitet werden.



Neben diesen Funktionen in der Desktop Variante von ReCap Pro stehen weitere intelligente Auswertungsfunktionen in der Online-Variante von ReCap Pro im Autodesk Docs zur Verfügung. Autodesk Docs, die CDE von Autodesk, ist in der Autodesk Construction Cloud enthalten. Die Punktwolken werden aus ReCap nach Autodesk Docs publiziert. Funktionen zum Erstellen von Vermessungspunkten mit Beschreibung, Bruchkanten oder Flächen stehen hier zur Verfügung und erleichtern die Erstellung eines digitalen Zwillings.



Grundlegende Funktionen, wie das Abgreifen von Maßen, automatische Erkennung von Rohrdurchmessern, Erstellung von Anmerkung oder Hinzufügen von Bildern wird ebenfalls unterstützt. Des Weiteren kann die Punktwolke analysiert werden.

Die NTI Deutschland GmbH hat u. a. für dieses Thema Workflows entwickelt. Wir unterstützen Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmen rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen, praxisnahe Schulungen und BIM-Beratung.

#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Punktwolkenauswertungssoftware, Klassifizierung, Automatischer Erstellung von Objekten
<b>Anwendungsfelder</b>	Auswertung von Punktwolken für Hoch- und Tiefbau
<b>Schnittstellen</b>	u.a.: Scanner-Dateien; LandXML, DWG, DXF, E57, TXT, uvm.
<b>Voraussetzungen</b>	MS Windows 10, 8GB RAM, 64-bit-Prozessor mit 2,0 GHz
<b>Systemarchitektur</b>	Desktopsoftware für Windows, Cloud
<b>Referenzprojekte</b>	Weltweite Projekte.

#### Kontaktinformationen

Carolin Leibold (cale@nti-group.com), NTI Deutschland GmbH

## 5.1.7 Autodesk Civil3D und XPlanung +

### SAGis XPlanung



#### Kurzbeschreibung

XPlanung wurde 2017 als verbindlicher Standard im Planungsbereich durch den IT-Planungsrat beschlossen.

„Alle bestehenden IT-Verfahren in den Bau- und Planungsverwaltungen von Gebietskörperschaften sind bis zum Ende einer fünfjährigen Übergangsfrist (Februar 2023) zu ertüchtigen, um XPlanung- und XBau-basierte Daten- und Nachrichtenobjekte verarbeiten zu können.“

[Quelle:XPlanleitstelle]

Die von der NTI vorbereiteten Vorlagen für Autodesk Civil3D unterstützen bei der Erstellung der Planzeichnung. Die Planzeichnung als Dokument für den Genehmigungsvorgang kann damit erstellt werden.

SAGis XPlanung ist ein Plug-in für QGIS zur Erstellung von XPlan-konformen Dateien (XPlan-GML-Datei) für den Datenaustausch von verschiedenen Plänen wie Bauleitplänen, Raumordnungsplänen oder Landschaftsplänen. SAGis XPlanung unterstützt die teil- und vollvektorielle Umsetzung des XPlanung-Formates. Die notwendigen Attributdefinitionen und Stilisierungen für die Flächen-, Linien- und Punktelemente werden bereitgestellt.

Somit ist ein Datenaustausch auf der Grundlage der XPlanungsnorm möglich.

Die NTI Deutschland GmbH hat u. a. für dieses Thema Workflows entwickelt. Das Systemhaus unterstützt Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmern rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen, praxisnahe Schulungen und BIM-Beratung.

#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Datenerfassung und Export von XPlan Beständen
<b>Anwendungsfelder</b>	Bauen im Bestand, Hochbau, Bauausführung, Monitoring, Innenarchitektur
<b>Schnittstellen</b>	XPlan gml
<b>Voraussetzungen</b>	Win 11 64 Bit, 8 GB RAM, Multi-Core i-Series Prozessor oder Ähnliche, CAD-zertifizierte Grafikkarte
<b>Systemarchitektur</b>	Desktopsoftware für Windows
<b>Referenzobjekte</b>	Deutschlandweite Projekte bei Planern, Kommunen

#### Kontaktinformationen

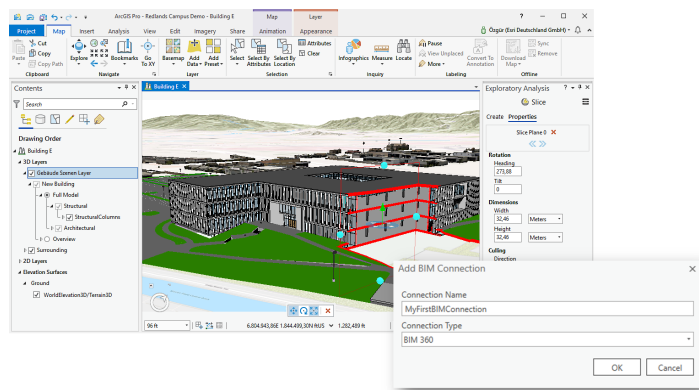
Jakob Wilhelm (jawi@nti-group.com), NTI Deutschland GmbH

### 5.1.8 ArcGIS Pro: Die GIS-Anwendung für GIS- und BIM-Workflows

#### Kurzbeschreibung

ArcGIS Pro ist eine performante 64-Bit-Desktopanwendung für BIM- und GIS-Nutzer. Sie ist Bestandteil von ArcGIS Desktop und ermöglicht umfassende Analysen – in 2D und 3D. In einem ArcGIS Pro Projekt neben Karten, 3D-Szenen, Daten, Datenbank- und Serververbindungen auch mehrere Layouts gespeichert werden können. 2D-Karten und 3D-Szenen veröffentlicht der Nutzer direkt in ArcGIS Online oder -Enterprise als Web-Dienst (3D-Daten als Webszenen-Layer im I3S-Format). So sind sie auf jedem Endgerät nutzbar.

ArcGIS Pro verarbeitet unterschiedliche Daten. So lassen sich beispielsweise IFC- und Revit-Dateien direkt (nativ) oder aus Autodesk BIM360 Cloud-Plattform in ArcGIS Pro öffnen. Metadaten und Kategorien, die im Gebäudemodell in der BIM-Software bereits angelegt wurden, bleiben in ArcGIS Pro erhalten. Der neue Layer-Typ für IFC- und Revit-Dateien, „Gebäude-Szenen-Layer“, der für die Darstellung großer 3D-Datenmengen in einer Szene optimiert ist, integriert BIM und GIS in der ArcGIS Plattform. Optionale Erweiterungen stellen darüber hinaus zusätzliche Funktionalitäten für spezifische Aufgaben wie die Datentransformationen. Mithilfe der Data Interoperability-Erweiterung (basierend auf FME-Technologie) können zahlreiche CAD- und BIM-Formate verlustfrei importiert und in der Geodatenbank editiert werden.



Native Unterstützung von IFC- und Revit-Dateien und 3D-Ausschneiden/  
Autodesk BIM360 Verbindung in ArcGIS Pro.

#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Datenintegration von CAD-, BIM- und GIS-Objekten, ETL-Prozesse mit Data-Interoperability-Erweiterung, Datenerfassung und Visualisierung, Datenspeicherung/-management, Datenanalyse/-simulation, Animationen
<b>Anwendungsfelder</b>	Ingenieur- und Umweltplanung im BIM/GIS Cycle, Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau, Umweltplanung, Monitoring, Facility Management
<b>Schnittstellen</b>	RVT, IFC, CityGML, dwg, dxf, 2D-Karten, 3D-Szenen, GIS-Daten, Datenbank- und Serververbindungen, Autodesk BIM360 Construction Cloud
<b>Voraussetzungen</b>	ArcGIS Pro läuft auf Desktop und virtuellen Maschinen
<b>Systemarchitektur</b>	64-Bit-Desktop-Applikation. Die 2D/3D-Grafik-Engine greift direkt auf die Grafikkarte zu und sorgt damit für eine hoch performante Visualisierung.
<b>Referenzprojekte</b>	Pilotprojekt: „A99, achtstreifiger Ausbau AK München Nord bis AS Haar Ersatzneubau des Bauwerks 27/1 über die Bahnstrecke 556“ Projekt-partner: Prof. Schaller UmweltConsult, SSF Ingenieure Auftraggeber: Autobahndirektion Südbayern. Projektwebseite: <a href="https://bit.ly/3hDdoZV">https://bit.ly/3hDdoZV</a>

#### Kontaktinformationen

Özgür Ertac (o.ertac@esri.com), Esri Deutschland GmbH

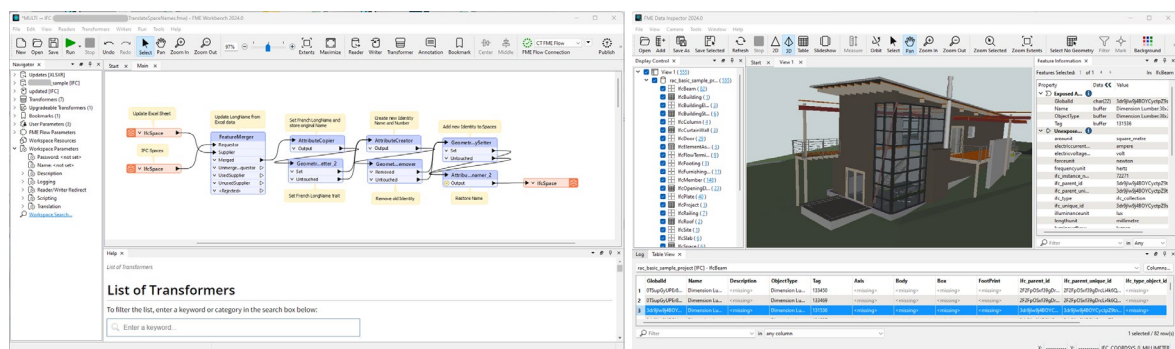


### 5.1.9 FME Technologie

#### Kurzbeschreibung

FME ist als formatunabhängiges Werkzeug zur Datenintegration von BIM-, CAD- und GIS-Daten optimal geeignet. Zu den aktuell unterstützten BIM-Formaten gehören beispielsweise Autodesk Revit (RVT), Open-BIM-Collaboration-Format (BCF) und Industry Foundation Class STEP/XML Files (IFC). FME ermöglicht es dem Anwender, über eine intuitiv zu bedienende Benutzeroberfläche, einfache und komplexe Transformationen zu erstellen und durchzuführen. Im Funktionsumfang von FME Form ist eine Vielzahl von Werkzeugen enthalten, die beispielsweise die Extraktion von bestimmten Informationen aus BIM-Modellen oder die Integration von verschiedenen Datenquellen ermöglichen. Mit FME können über 500 Datenformate verarbeitet werden. Dabei zeichnet sich die Software durch eine einfache Handhabung aus. Der FME Data Inspector ermöglicht die grafische Darstellung von zwei- und dreidimensionalen Daten für die optische Kontrolle der Ausgangs- und Zieldaten und unterstützt so den Anwender bei der Erstellung der Verarbeitungsschritte. FME Flow ermöglicht die Automatisierung von Integrations- und Transformationsprozessen und kann darüber hinaus als Werkzeug zur Qualitätssicherung von BIM-Daten verwendet werden. Dafür werden verschiedene Prüfprozesse auf dem FME Flow publiziert und können von dort einem definierten Nutzerkreis als Anwendung zur Verfügung gestellt werden.

FME ist ein eingetragenes Warenzeichen der Safe Software Inc.



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Datenkonvertierung und -transformation, Datenintegration (GIS/CAD/BIM), Datenmodellierung, Visualisierung (2D, 3D)
<b>Anwendungsfelder</b>	z. B. Bauen im Bestand, Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau, Bauausführung, Monitoring, Facility Management
<b>Schnittstellen</b>	IFC2.3, IFC4, IFC4.1, IFC4.3, rvt, dwg/dxf, dgn, prnts, fbx, skp u. v. m.; vollständige Übersicht unter <a href="https://fme.safe.com/fme-in-action/integrations/">https://fme.safe.com/fme-in-action/integrations/</a>
<b>Voraussetzungen</b>	Windows 10 und 11, Windows Server 2016, 2019, 2022, Linux (Ubuntu 22.04 LTS, Debian 11, Red Hat Enterprise Linux 9, Rocky Linux 9, Oracle Linux 9, macOS 14 und 13, Docker (FME Flow)
<b>Systemarchitektur</b>	FME Form, FME Flow, FME Cloud, Erweiterung für verschiedene Anwendungen wie Esri ArcGIS Desktop (ArcMap und Pro)
<b>Referenzprojekte</b>	A99, achtstreifiger Ausbau AK München Nord bis AS Haar; DB Netz AG – Großprojekt 2. S-Bahn-Stammstrecke München (SSF Ingenieure und Prof. Schaller UmweltConsult GmbH; <a href="https://www.ssf-ing.de/project/unterirdische-stationen-der-2-s-bahn-stammstrecke-muenchen/">https://www.ssf-ing.de/project/unterirdische-stationen-der-2-s-bahn-stammstrecke-muenchen/</a> ); <a href="https://support.safe.com/hc/en-us/sections/25407340083085-CAD-and-BIM/">https://support.safe.com/hc/en-us/sections/25407340083085-CAD-and-BIM/</a>

#### Kontaktinformation

Anne-Kathrin Birkenbeul (info@conterra.de), con terra

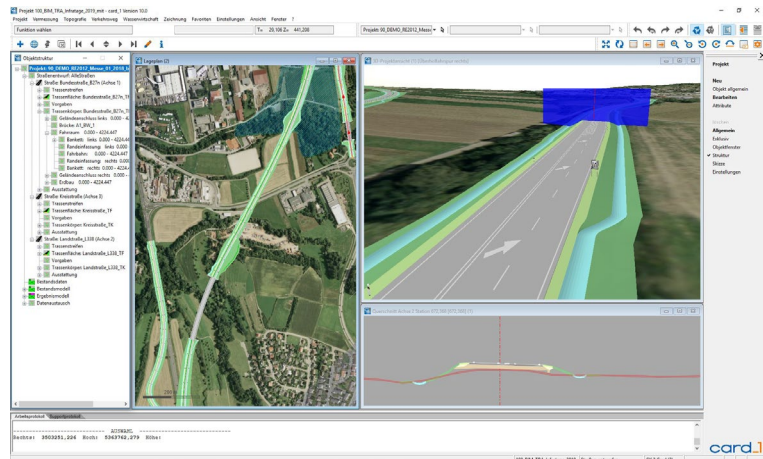




### 5.1.10 card\_1 – BIM in Vermessung, Straßen-, Bahn- und Kanalplanung

#### Kurzbeschreibung

Seit 1985 entwickeln wir die CAD-Software card\_1, eine innovative Gesamtlösung für Vermesser und Planer im Ingenieurtiefbau mit besonderen Schwerpunkten in den Bereichen Straßen-, Bahn-, Kanalplanung, Bauabrechnung und GIS. Das Zusammenspiel der Schwerpunkte gewährleistet den BIM-orientierten Methodenansatz. Die Software wird eingesetzt zur Planung aller Straßen- und Schienenverkehrswege, zur Bewältigung aller Vermessungsaufgaben inkl. Punktwolkenverarbeitung, zur Entwässerung komplexer Projekte und zur Visualisierung. Deutsche Regelwerke und Richtlinien sind in der Software integriert. IB&T engagiert sich als Mitglied der FGSV für die Grundsatzfragen der Datenverarbeitung und arbeitet mit an den Zielsetzungen des Vereins buildingSMART e. V. Niederlassungen und Partner im In- und Ausland vermarkten die Lösungen weltweit und bieten ein breites Spektrum an Dienstleistungen an. Aus der IB&T-Zentrale in Norderstedt bei Hamburg werden alle übergreifenden Maßnahmen des Unternehmens geleitet. Gemeinsam mit den Standorten in Berlin, Düsseldorf, Stuttgart, Aalen und unseren regionalen Vertriebspartnern in Dresden bietet das Unternehmen regelmäßigen Softwareservice und zuverlässigen Kundensupport, umfassende Trainingsangebote und projektunterstützendes Consulting. Partner in China, Osteuropa und Südamerika unterstützen die internationale Ausrichtung. Insgesamt sind 75 Mitarbeiter und Partner damit beschäftigt, die Software kontinuierlich auszubauen und erfolgreich zu vermarkten.



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	BIM-Bestandsmodellierung, BIM-Entwurf/Trassierung (Straße/ Bahn/ Kanal), 3D-Visualisierung, Vermessung, Grunderwerb, Punktwolken, Digitalisierung, DGM, Grafisches Feldbuch, Kollisionsanalyse, Simulation, Planerstellung, Mengenermittlung
<b>Anwendungsfelder</b>	Vermessung, Straßen-, Bahn-, Kanal-, Raum- und Stadtplanung, Wasserwirtschaft, Erdbau, Bauabrechnung, Fluss- und Deichbau, Umweltschutz
<b>Schnittstellen</b>	IFC, CPIXML, BCF, LandXML, CityGML, DXF/DWG, ALKIS, DFK, EDBS, SoundPLAN, OpenStreetMap, GEOGraf, Shape, WMS/WFS, OKSTRA, e57, LAS/LAZ, ASCIBAHN (MSB), GND-Edit, VERM. ESN, ISYBAU, DGN, HPGL, DA001, REB, GAEB ...
<b>Voraussetzungen</b>	Aktuelle Version: card_1 10.102: Windows 10, Windows 11
<b>Systemarchitektur</b>	Desktop, Client/Server, Terminalserver (Citrix), Cloud
<b>Referenzprojekte</b>	BIM-Pilotprojekt B87n, Hamburger Deckel (A7), BIM-Projekt Frankenschneidweg, BIM-Pilotprojekt Gauchachtalbrücke B31, Wiedernutzbarmachung des ehemaligen Braunkohletagebaus Cottbus-Nord des Bergbauunternehmens LEAG ...

#### Kontaktinformationen

B. Eng. Marius Reuters (vertrieb@card-1.com),  
IB&T Software GmbH



### 5.1.11 Vectorworks Landschaft für CAD-GIS-BIM

#### Die Software für Landschaftsplanung und -architektur

##### Kurzbeschreibung

Vectorworks Landschaft bietet neben den klassischen CAD-Funktionen einen einzigartigen Funktionsumfang im Bereich GIS- und BIM-Anwendungen. Damit können alle Aufgaben im Landschaftsbereich effizient umgesetzt werden. Dank vielfältiger Import- und Exportschnittstellen ermöglicht Vectorworks nicht nur einen reibungslosen Datenaustausch im BIM-Prozess, sondern auch eine schnelle und einfache Handhabung georeferenzierter Daten (insbesondere IFC-Modelle, ALKIS-Dateien, Shapefiles, DWG-Dateien oder Rasterbilddateien wie GeoTIFF), die in den neuen Planungsprozessen zunehmend an Bedeutung gewinnen. Neben dem Im- und Export dieser Fachdaten können planungsrelevante Daten auch über Web Map Server oder Web Feature Service in Pläne integriert, bearbeitet und ausgewertet werden. Importierte Daten lassen sich mithilfe der 7-Parameter-Helmert- oder NTV-2-Transformation in das gewünschte Koordinatenbezugssystem übertragen.



Aus Ausgangsdaten wie 3D-Punkten, 3D-Polygonen oder Punktwolken kann mit wenigen Klicks ein lagerichtiges Geländemodell erstellt werden. Die Geländebearbeitung erfolgt durch spezielle Modifikatoren oder integrierte Werkzeugmodifikatoren. Der Auf- und Abtrag kann direkt im Modell abgelesen oder detailliert in einer Tabelle ausgewertet werden. Das Geländemodell sowie die intelligenten Objekte in Vectorworks sind bereits IFC-klassifiziert, und frei angelegte oder modellierte Objekte können schnell zugeordnet werden. Dies erleichtert die schnelle Umsetzung der Planung in ein IFC-Modell für den BIM-Prozess.

Auch bei der Digitalisierung und Georeferenzierung von Bauleit- und Raumordnungsplänen bietet Vectorworks eine Lösung mittels des Standards XPlanung. Wichtig ist hier die Erstellung einer lagerichtigen XPlanGML, die von einem Planungsbüro an die Kommune übergeben werden kann. Datenauswertung, Freiformmodellierung und Visualisierung sind weitere Funktionen, die Vectorworks als umfassende Lösung auszeichnen.

Auch bei der Digitalisierung und Georeferenzierung von Bauleit- und Raumordnungsplänen bietet Vectorworks eine Lösung mittels des Standards XPlanung. Wichtig ist hier die Erstellung einer lagerichtigen XPlanGML, die von einem Planungsbüro an die Kommune übergeben werden kann. Datenauswertung, Freiformmodellierung und Visualisierung sind weitere Funktionen, die Vectorworks als umfassende Lösung auszeichnen.

## VECTORWORKS LANDSCHAFT

##### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Software CAD-GIS, BIM, grafisches Scripten, Freiformmodellierung, Datenmanagement
<b>Anwendungsfelder</b>	Objekt- und Landschaftsplanung, Hochbau, Innenarchitektur
<b>Schnittstellen</b>	DWG/DWF, Shape, IFC, Bild, PDF, alle gängigen 3D-Formate, NAS, e57, Gaeb und weitere
<b>Voraussetzungen</b>	Windows oder MacOS, aktuelle Systemvoraussetzungen: <a href="http://www.computerworks.de">www.computerworks.de</a>
<b>Systemarchitektur</b>	Desktop
<b>Referenzprojekte</b>	weltweite Projekte mit CAD-GIS, Little BIM, Big BIM

##### Kontaktinformationen

Sebastian Löw ([sloew@computerworks.de](mailto:sloew@computerworks.de)),  
ComputerWorks GmbH



### 5.1.12 Planen + Bauen + Betreiben = pit-BIM

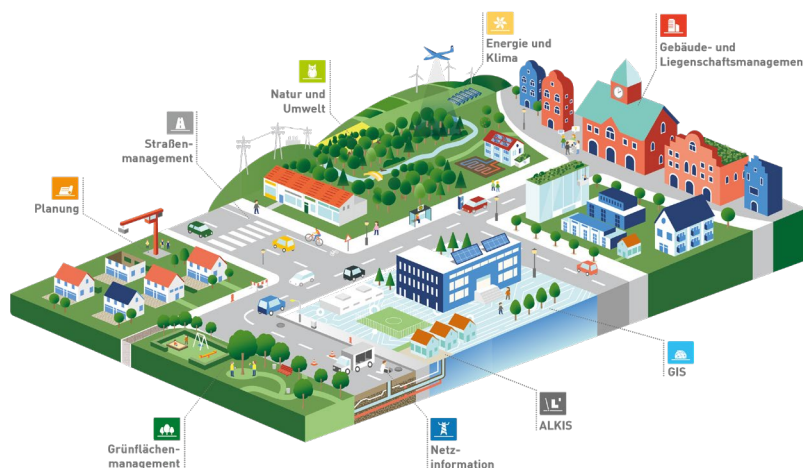
Das BIM-Produktportfolio der IP SYSCON GmbH und seinen Partnern 

#### Kurzbeschreibung

Die Grundidee von BIM mit seiner digitalen, gewerkeübergreifenden und medienbruchfreien Bauwerksmodellierung passt seit jeher zum Produktportfolio der IP SYSCON GmbH und seinen Partnern: Integrierte CAD-, GIS- und CAFM-Lösungen vom Expertensystem bis zu fachübergreifenden Informations- und Managementlösungen – formuliert über durchgängige Desktop-, Web- und mobile Anwendungen. Im Fokus stehen Modularität, Skalierbarkeit und eine einfache Bedienung für ein zentrales Daten- und Informationsmanagement für alle Phasen und Prozesse im Lebenszyklus eines Objekts. Dabei werden BIM-Modelle (Geometrien und deren Eigenschaften) vollständig zum Beispiel über das IFC-Format, den Produktkatalogen gemäß ISO16757 oder direkt aus Autodesk Revit eingebunden, weiterverarbeitet und gemäß „Open BIM“-Strategie jederzeit wieder bereitgestellt. Mithilfe pit-BIM steht dem Anwender damit eine zentrale Lösung für die Kennzeichnung, Klassifizierung, Organisation und der Dokumentation innerhalb des BIM-Modells zur Verfügung.

Das Produktportfolio pit-BIM besteht im Einzelnen aus:

- Lösungen für das Planen: pit-CAE, pit-CAD und pit-GIS
- Lösungen für das Bauen: pit-KOM, pit-CAD und pit-GIS
- Lösungen für das Betreiben: pit-FM/pit-Kommunal, pit-CAD, pit-GIS



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	IT-Lösungen für das Planen, Bauen, Betreiben im Desktop, Web und Mobile auf Basis von Sachdaten- und Grafikkomponenten
<b>Anwendungsfelder</b>	Abbildung aller Phasen und Prozesse im Lebenszyklus eines Objekts
<b>Schnittstellen</b>	Autodesk Revit, Esri, VDI 3805/ISO 16757, IFC, GAEB, alle weiteren alphanumerischen oder grafischen Formate
<b>Voraussetzungen</b>	Abhängig von der vorhandenen IT-Infrastruktur und einzusetzenden Technologie
<b>Systemarchitektur</b>	alle Technologie-Ebenen: Desktop/Client-Server, Web, Mobile
<b>Referenzprojekte</b>	Referenzen sind in allen Branchen, allen Technologie-Ebenen sowie allen Lebenszyklus-Phasen vorhanden

#### Kontaktinformationen

Andreas Malec (andreas.malec@ipsyscon.de) IP SYSCON GmbH



### 5.1.13 NavVis – Digitale Gebäude Aufnahmen, Visualisierung & Positionierung

#### Kurzbeschreibung

NavVis baut Brücken zwischen der realen und der digitalen Welt: Mit unserer Technologie können Dienstleister und Unternehmen fotorealistische digitale Zwillinge ihrer Gebäude und Innenräume erstellen und gemeinsam nutzen. Dabei erzeugen unsere SLAM-basierten mobilen Multisensorsysteme ausgerüstet mit Laserscannern und IMU in kürzester Zeit skalierbare und qualitativ hochwertige Daten mit einer Genauigkeit auf höchstem Niveau. Bei der Erfassung der Raumdaten können geodätisch bestimmte Kontrollpunkte taktil mit eingemessen werden. Dadurch ist eine Ausgleichung der Trajektorie vor der Generierung der Punktwolke sowie eine Validierung der Datenqualität nach der Prozessierung möglich. Ob bei lokalen als auch bei übergeordneten Referenzsystemen kann der Raumbezug von der Messung über die Prozessierung bis hin zur Visualisierung überführt werden. Damit ist ein durchgängiger „Scan2BIM“ workflow von der Realität bis zum Modell sichergestellt. Der Realitätsabgleich mit dem BIM Model kann hierbei durch das NavVis IVION Add-in für Revit oder andere Schnittstellen zur Autodesk Construction Cloud, Bentley Microstation, BIM+ und weitere Softwaretools optimiert werden. Mit unseren Lösungen für die digitale Fabrik sind Nutzer in der Lage, bessere betriebliche Entscheidungen zu treffen, die Produktivität zu steigern, Geschäftsprozesse zu optimieren und die Wirtschaftlichkeit zu verbessern. Weitere Informationen finden Sie unter: [www.navvis.com](http://www.navvis.com)



NavVis Lösungen reichen von der erforderlichen Mapping Hardware zur geometrischen Erfassung von Innenräumen sowie urbanen Außenbereichen bis zur schnellen und einfachen Visualisierung ganzer Gebäude und Standorte im Webbrowser. Die NavVis-Indoor-Positionierungstechnologie vervollständigt die Produktpalette, welche durchgängige Workflows bis hin zu IoT Anbindungen ermöglicht.

#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	3D-Datenerfassung von Bauwerken, Kollisionsanalyse/-simulation mit BIM-Model, Visualisierung & Navigation, Punktwolke & 360° Panoramafotos, Mobile Applikationen auf Android & IOS
<b>Anwendungsfelder</b>	End-to-end digital indoor processes, Indoor Positioning, As-Build Dokumentation, Scan2BIM, Bau-Fortschrittsdokumentation, Facility Management, Factory Monitoring, Smart Building, BuildingTwin, Real Estate
<b>Schnittstellen</b>	Punktwolken in E57, LAS, PLY, POD, RCS Format; 360° Panoramafotos, web-basierende Präsentation; API & SDK für web & mobile devices, Sensodatenintegration; Plug-ins/Apps für Revit, Microstation, SAP, PointCab, Clearedge, Siemens; Import von Punktwolke-dateien anderer Laserscanner in IVION
<b>Voraussetzungen</b>	Internetverbindung, Webbrowser und IVION für Nutzer NavVis VLX sowie NavVis IVION Processing
<b>Systemarchitektur</b>	Linux & Cloud für Scan/Processing, web client & App für Nutzer
<b>Referenzprojekte</b>	Deutsches Museum: <a href="https://virtualtour.deutsches-museum.de/navvis/">https://virtualtour.deutsches-museum.de/navvis/</a> Vermessung: <a href="https://de.navvis.com/industry/surveying#use-cases">https://de.navvis.com/industry/surveying#use-cases</a> Scan2BIM <a href="https://www.navvis.com/revit">https://www.navvis.com/revit</a>

#### Kontaktinformationen

Christian Rust ([christian.rust@navvis.com](mailto:christian.rust@navvis.com), [sales@navvis.com](mailto:sales@navvis.com)), NavVis GmbH



### 5.1.14 PHIDIAS

#### Kurzbeschreibung

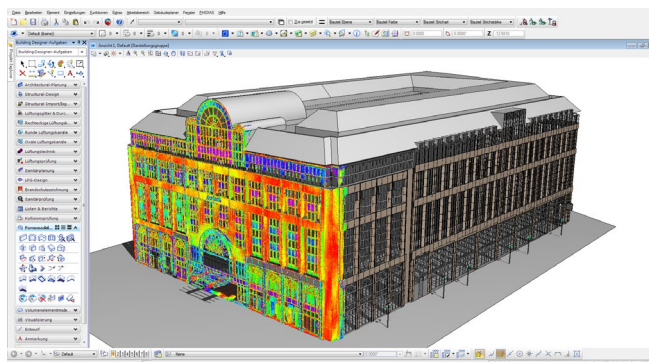
PHIDIAS ist ein digitales Auswertesystem für Photogrammetrie sowie 3D-Laserscanning und ermöglicht die kombinierte Auswertung von Bilddaten und Punktwolken. PHIDIAS lässt sich nahtlos in die Softwarelösungen von Bentley Systems, wie das CAD-System MicroStation oder die BIM-Software AECOsim Building Designer, integrieren. Dies macht PHIDIAS zu einem universellen Werkzeug, mit dem beliebige zwei- oder dreidimensionale Objekte vollständig erfasst und sowohl rein geometrie-basiert (CAD) als auch bauteilorientiert modelliert werden können.

Alle erforderlichen photogrammetrischen Mess- und Auswertefunktionen von der Einzelbildentzerrung bis zur Bündelausgleichung stehen unmittelbar in der CAD- oder BIM-Umgebung zur Verfügung. Damit werden auch geodätische Qualitätsaussagen möglich. Zusätzlich verfügt PHIDIAS über Funktionalitäten zur halbautomatischen Auswertung und Extraktion geometrischer Flächen- und Volumenprimitive auf der Basis von Ausgleichungsverfahren, wodurch der Modellierungsaufwand deutlich reduziert wird.

Neben dem verformungsgerechten Aufmaß ist daher ebenso die Ableitung abstrahierter Modelle für zahlreiche Anwendungen denkbar, u. a.:

- 3D-Gebäudeaufmaß für Architektur, Denkmalpflege und Facility Management
- Visualisierung von Gebäude- und Stadtmodellen
- Datenerfassung und Modellierung für BIM und Geographische Informationssysteme
- Qualitätssicherung

Die Überlagerung der Messbilder mit dem 3D-Modell sowie ggf. mit den Punktwolken ermöglicht dabei eine ständige Kontrolle der Genauigkeit und Vollständigkeit der Auswertung sowie die für BIM wichtige Möglichkeit der Bauteilzuordnung (Semantik). Aus den 3D-Modellen können sowohl einfache Bildpläne und Ansichtszeichnungen/Schnitte als auch komplexe photorealistische Modelle erstellt werden. Die direkte Integration von PHIDIAS in die Software ermöglicht die nahtlose Anwendung von BIM-Funktionalitäten wie die Ausgabe von Bauteillisten, die Mengenermittlung oder die integrierte Kollisionsprüfung.



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Datenerfassung, Modellierung, Datenintegration (GIS/CAD/BIM), Kollisionsanalyse/-simulation, Visualisierung (2D, 3D)
<b>Anwendungsfelder</b>	z. B. Bauen im Bestand, Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau, Bauausführung, Monitoring, Facility Management
<b>Schnittstellen</b>	IFC2x3, IFC4, DGN, DWG, IGES, SAT, Step, FBX, 3DS, SHP, SKP, E57 u. a.
<b>Voraussetzungen</b>	Bentley MicroStation bzw. AECOsim BuildingDesigner, Windows 7-10 (x86, x86-64)
<b>Systemarchitektur</b>	Desktop
<b>Referenzprojekte</b>	<a href="http://phocad.de">http://phocad.de</a>

#### Kontaktinformationen

Christoph Effkemann ([effkemann@phocad.de](mailto:effkemann@phocad.de)), Phocad Ingenieurgesellschaft mbH

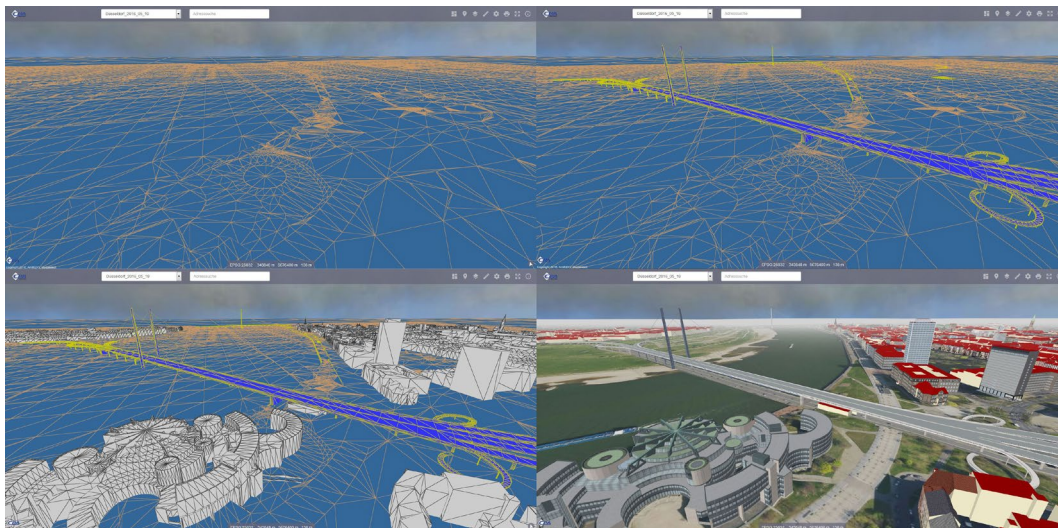
### 5.1.15 SGJ-nD-Datenhaltung für BIM-Daten

#### Kurzbeschreibung

Die SGJ-nD-Datenhaltung verwaltet in IFC-Datenstrukturen bereitgestellte Datenbestände des Vorhabens BIM. Das Datenmanagement erfolgt konform zur Normenreihe ISO 19100 und zu den Standards des Open Geospatial Consortiums in objektrelationalen Datenbanken wie Oracle, PostgreSQL und SQLite (für mobile Anwendungen).

Für die Bereitstellung der Daten kommt ein in der Art eines OGC-konformen WFS-T funktionierender Service zum Einsatz, der auf Anfrage IFC4-strukturierte XML-Datensätze ausliefert. Die Datenübernahme und damit die Speicherung erfolgt datenbankseitig in eben diesen IFC4-Datenstrukturen. Sofern in den IFC-Datensätzen Fortführungsinformationen enthalten sind, werden die davon betroffenen BIM-Informationen mit einer Vollhistorie geführt.

Die SGJ-nD-Datenhaltung erlaubt die Zusammenführung der BIM-Daten mit sonstigen auch in XML/GML-Strukturen beschriebenen Datenbeständen, z. B. von Daten in den Formaten CityGML, XPLANUNG oder ALKIS. Den in IFC-Strukturen verwalteten Daten werden diese Informationen über die Technologie der SGJ-nD-Datenhaltung und über OGC-konforme Webservices zugeführt. Für die Visualisierung steht mit dem Web-GIS *SGJ-GeoHornet* eine leistungsstarke Plattform für das Zusammenführen und die zeitgleiche Darstellung unterschiedlicher Datenquellen zur Verfügung (siehe Abbildung (Bildquelle: Landeshauptstadt Düsseldorf)).



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	BIM-Datenmanagement in DBMS wie Oracle, PostgreSQL oder SQLite) Datenzugriff über Webservices und eine JAVA-API
<b>Anwendungsfelder</b>	Standardkonforme Dokumentation des Lebenszyklus von Bauvorhaben (z. B. Gebäude, Infrastruktur)
<b>Schnittstellen</b>	XML (IFC4), GML, CityGML, XPLANUNG, ALKIS, SEDRIS, ForestGML, VRML, OpenFlight
<b>Voraussetzungen</b>	MS Windows, Unix, Android, Java Runtime Environment (JRE)
<b>Systemarchitektur</b>	Server-Client-System, Smartphone, Tablet
<b>Referenzprojekte</b>	derzeit in Abstimmung

#### Kontaktinformationen

Christoph Averdung (averdung@supportgis.de), CPA ReDev GmbH

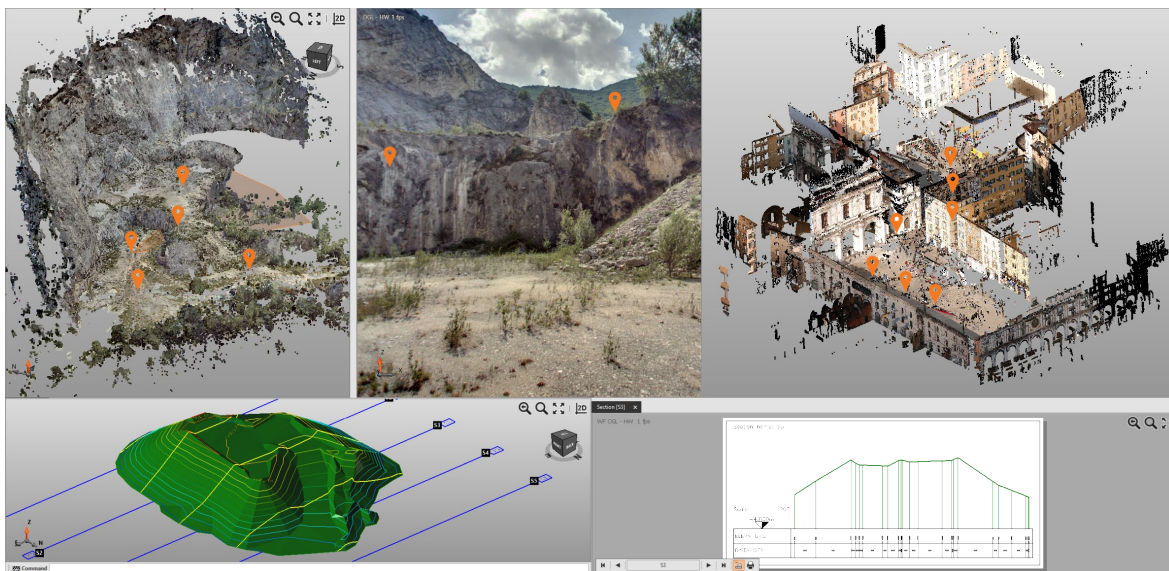


### 5.1.16 X-PAD Office Fusion – die Bürosoftware für räumliche Daten

#### Kurzbeschreibung

X-PAD Office Fusion ist ein neues Softwarekonzept für die Verarbeitung, Visualisierung und Integration räumlicher Daten unterschiedlicher Herkunft. Vom Import bis hin zu den finalen Zeichnungen bietet Fusion verschiedene Werkzeuge, ohne vorher die Daten zwischen verschiedenen Programmen austauschen zu müssen. Datenauswertung, -erzeugung und Visualisierung sind starke Funktionen, die Fusion als anwenderfreundliche Lösung auszeichnen. Die Datenherkunft spielt dabei keine Rolle.

Daten der unterschiedlichsten Sensoren lassen sich mit IFC-Daten kombinieren. Egal ob Daten von Totalstation, GNSS, digitale Fotografie (Luftaufnahmen oder terrestrisch) oder Laserscanner, die Daten und Informationen können miteinander verarbeitet und visualisiert werden. Egal ob BIM-Modelle, Messungen, Zeichnungen, Oberflächen, Profile und Punktwolken, mit dem Projektmanager werden diese innerhalb eines Projekts organisiert und verwaltet. Durch Unterprojekte behält der Anwender immer die Kontrolle über die Zusammenstellung der Informationen.



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Plattform zur Verarbeitung und Visualisierung von räumlichen Daten unterschiedlicher Datenquellen
<b>Anwendungsfelder</b>	Geodäsie (Vermessungsbüros, Gemeinden), Hoch-/Tiefbau (BIM), Realitätserfassung (Denkmalschutz, 3D-Kartierung, Archäologie), Geologie, Forschung
<b>Schnittstellen</b>	LandXML, IFC, DWG/DXF, SHP, KML, X-PAD Survey/Construction, WMS, Vermessungsinstrumente verschiedener Hersteller
<b>Voraussetzungen</b>	Min. Win 7 64-Bit SP1, 4 GB RAM, OpenGL-Grafikkarte bei Punktwolken
<b>Systemarchitektur</b>	Desktop, Laptop
<b>Referenzprojekte</b>	europaweite Projekte mit Vermessung, CAD, BIM

#### Kontaktinformationen

Alexander Schmidt (support.geomax@g-nestle.de),  
Gottlieb Nestle GmbH



### 5.1.17 KorFin – dynamisch in 5 Dimensionen

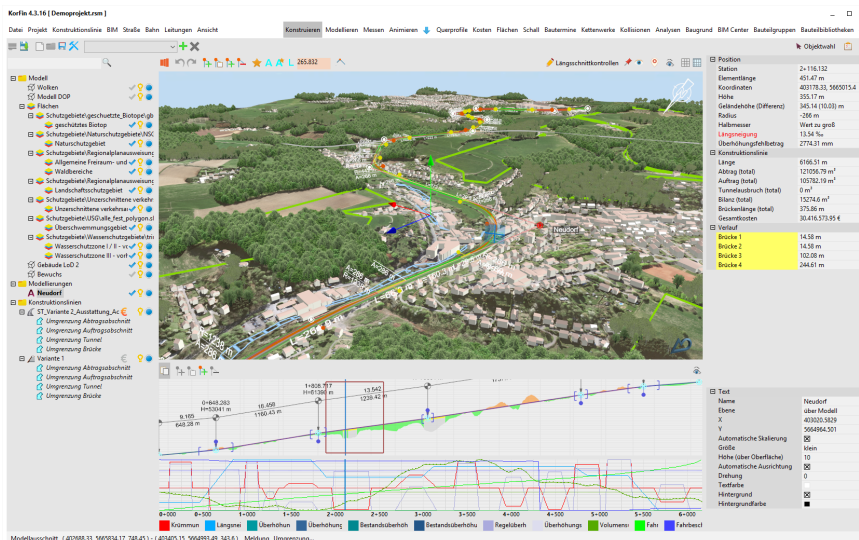
#### Kurzbeschreibung

KorFin ist eine 5D-Plattform mit einer 3D-Echtzeitplanung für Straßen-, Bahn-, Leitungs- und Kabelinfrastruktur. Die Plattform integriert ein 3D-GIS, Bauablaufmanagement (4D) und eine modellbasierte Kostenberechnung (5D).

KorFin ist eine Echtzeitumgebung zur effizienten Generierung von dynamischen, räumlichen Gesamtmodellen für integrierte Planung, Visualisierung und Koordinierung bei Anwendungen mit hohen Anforderungen an die Modellgenauigkeit im BIM-Workflow.

Die Planung findet in KorFin in einem kollaborativen BIM-Modell statt. Dieses Modell integriert alle Informationen und Details der jeweiligen Fachplanung und wird im gesamten Planungsverfahren von allen Dienstleistern, Fachbehörden, Trägern öffentlicher Belange und Ingenieurbüros gemeinsam aufgebaut sowie für die Öffentlichkeitsarbeit genutzt.

KorFin bietet ein hocheffizientes GIS für Korridor- und Trassenuntersuchungen mit automatisierten Raumwiderstands- und Umweltflächenberechnungen, Auswertungen und Optimierungen. Darüber hinaus ist KorFin eine gewerkeübergreifende Planungsumgebung für Straße, Bahn, Freileitung und Erdkabel mit modellbasierten Auswertungen zu Mengen, Kosten und Schallimmissionen.



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Daten-/GIS-Management, dynamischer Variantenvergleich, Schallimmissionsberechnung, Bautermine und Bauablaufsimation, Sicht- und Lichtraumanalysen, Signalsicht, Kollisionsanalysen, Kostenberechnungen
<b>Anwendungsfelder</b>	3D-Bestandsaufnahme, Visualisierung, Trassen-/Variantenvergleich, Erstellung Koordinierungsmodell, Modellbasierte Mengenermittlung...
<b>Schnittstellen</b>	ALKIS, CityGML, CPIXML, DWG/DXF, DRE, IFC, ISYBAU, LandXML, OBJ, REB, Shape, Verm.ESN, 3DS ...
<b>Voraussetzungen</b>	Windows 7, Windows 8, Windows 10 (jeweils 32 und 64 Bit)
<b>Systemarchitektur</b>	Desktop, Client/Server
<b>Referenzprojekte</b>	City-Tunnel Leipzig, ABS 46/2 Emmerich-Oberhausen, ABS/NBS Hanau-Würzburg/Fulda, A6 Ausbau Weinsberg – Landesgrenze

#### Kontaktinformationen

Felix Kretschmann (felix.kretschmann@apluss.de), A+S Consult GmbH



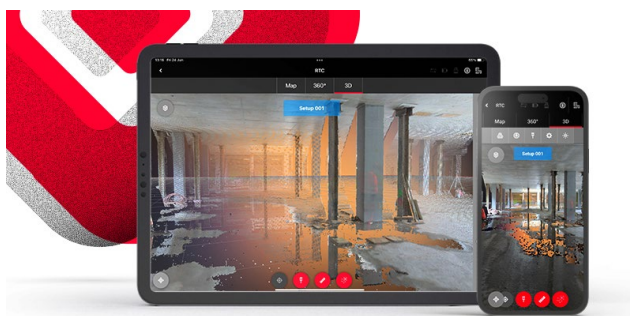


### 5.1.18 Leica Cyclone FIELD 360 – Perfekte Endergebnisse beginnen mit perfekten Scandaten +

#### Kurzbeschreibung

Hochwertige Ergebnisse aus der Umgebungserfassung beginnen mit qualitativ hochwertigen 3D-Scandaten. Mit der Applikation Leica Cyclone FIELD 360 können die verschiedenen Sensoren direkt verbunden werden, um den jeweiligen Scanner fernzusteuern, Daten direkt vor Ort zu registrieren, eine Qualitätskontrolle durchzuführen und sogar unmittelbar im Feld Grundrisse und 3D-Modelle mit Hilfe der Quick Plan Funktion zu erstellen und zu exportieren.

Leica Cyclone FIELD 360 ist eine Mobilgeräte-App, die den Anwender dabei unterstützt, Umgebungsdaten effizient zu erfassen, mit dem Prozess der Punktwolkenregistrierung zu beginnen und unmittelbar Ergebnisse zu erstellen. Der Anwender stellt eine Verbindung zu einem Scanner von Leica Geosystems her, um noch während der Erfassung eine Vorschau der Punktwolkendaten und Panoramabilder zu erhalten



und die Scans vor Ort zu registrieren. Dies reduziert den Aufwand im Büro und vermeidet Nacharbeit. Wichtige Informationen wie Videos und Fotos von Objekten und Details können erfasst und Punkten in der Szene als GeoTag hinzugefügt werden. Zudem können die Daten auf Qualität und Vollständigkeit überprüft werden. Aus der App lassen sich registrierte Punktwolkendaten direkt exportieren oder alternativ in Reality Cloud Studio, powered by HxDR hochladen.

#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Field-App Leica Cyclone FIELD 360 für die Arbeit mit Leica 3D-Laserscannern zur Fernsteuerung des Sensors und zur Vorregistrierung und Qualitätskontrolle direkt bei der Erfassung; Ergänzung der Punktwolke um Messungen, Texte, Bilder und Videos direkt vor Ort
<b>Anwendungsfelder</b>	Fernsteuerung folgender Sensoren: Leica ScanStation P-Serie, Leica RTC360, Leica RTC360 LT, Leica BLK360, Leica BLK 360 G1, Leica BLK2GO, Leica BLK2GO PULSE, Leica BLK ARC Registrierung, Zuschneiden, Messungen, GeoTags, Export PTS und E57, Erstellung und Export Grundrisse und 3D-Modelle
<b>Schnittstellen</b>	Punktwolken in E57 und PTS, für kinematische Scanner Trajektorie als CSV und Panoramabilder als JPG, Grundrisse als DXF, 3D-Modelle als IFC, Upload Reality Cloud Studio
<b>Voraussetzungen</b>	Android-Tablet oder -Smartphone mit Android 7.0 oder höher auf 64-Bit-ARM-Architektur mit 64-BitBetriebssystem und mindestens 3 GB RAM. ODER Apple iPad-Tablet oder Apple iPhone mit iOS 12 oder höher mit 64-Bit-Betriebssystem und mindestens 3 GB RAM.
<b>Systemarchitektur</b>	Smartphone oder Tablet mit iOS oder Android
<b>Referenzprojekte</b>	Rulantica (Teil des Europaparks)

#### Kontaktinformationen

Marcel Fuß ([marcel.fuss@leica-geosystems.com](mailto:marcel.fuss@leica-geosystems.com)), Sales Manager Reality Capture



### 5.1.19 Leica Cyclone REGISTER 360 PLUS – Automatisierung liefert bessere Ergebnisse und spart Zeit +

#### Kurzbeschreibung

Die Datenaufbereitung ist ein wesentlicher Bestandteil professioneller Workflows zur Umgebungserfassung. Die Punktwolken-Software Leica Cyclone REGISTER 360 PLUS sowie die Leica Cyclone REGISTER 360 PLUS (BLK Edition) bieten eine Reihe von leistungsstarken Werkzeugen für die Registrierung und Datenaufbereitung, darunter mehrere automatisierte Funktionen zur Verbesserung der Ergebnisse bei gleichzeitiger Zeitersparnis. Der Anwender kann seine Feldprojekte im Büro aufbereiten, dabei kann er unter anderem die Registrierung optimieren, das Projekt georeferenzieren, Daten bereinigen, Projekte kombinieren, automatische Klassifizierungen durchführen, Daten anonymisieren und vieles mehr. Der Anwender profitiert dabei von GeoTags, welche vor Ort hinzugefügt wurden, um die Zusammenarbeit zwischen Außendienst und Büro zu optimieren. Mit Hilfe dieser Funktionen können die Daten für den Export in eine Reihe von Formaten – branchenübliche und Leica Geosystems eigenen – für die Analyse oder die Weitergabe an andere Projektbeteiligte vorbereitet werden.

Cyclone REGISTER 360 PLUS ist eine umfassende Lösung für die Punktwolkenregistrierung und Datenvorbereitung, welche speziell dazu entwickelt wurde, Daten von Scannern von Leica Geosystems und anderen Herstellern zu importieren und für die Analyse und die Erstellung von Ergebnissen aufzubereiten. Bequeme Importoptionen vereinfachen es, Daten direkt von Leica-Scannern, aus der Leica Cyclone FIELD 360 App, aus gespeicherten Rohdaten oder andere gängige Punktwolkenformate zu importieren. Daten können mit halb-automatisierten und manuellen Tools bereinigt werden, wie dem Filter für sich bewegende Objekte, dem Filter für ebene Flächen zum Isolieren von Oberflächen oder dem Anonymisierungs-Tool zum automatischen Verpixeln von Gesichtern und Kennzeichen in Panoramabildern. Leistungsstarke und dennoch intuitive Qualitätssicherungswerkzeuge erleichtern es, frei definierbare Projekttoleranzen einzuhalten und Scans oder Bereiche außerhalb der gesetzten Grenzwerte zu identifizieren. Darüber hinaus können Daten sowohl in branchenüblichen als auch Leica eigenen Formaten exportiert werden, um sie Kunden oder anderen Projektbeteiligten zur Verfügung zu stellen oder in Analysewerkzeugen zu verwenden.



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Registrierungssoftware für die Verarbeitung von Punktwolken - Batch-Routinen mit Multi-Threading, Import und Verarbeitung in einem Schritt, geführte Workflows, integrierte Werkzeugen zur Qualitätssicherung und -kontrolle sowie automatisierte Berichterstellung
<b>Anwendungsfelder</b>	Import (statische Scandaten, kinematische Scandaten, photogrammetrisch abgeleitete Punktwolken), Registrierung, Aufbereitung, Export von Punktwolken in verschiedene Formate
<b>Schnittstellen</b>	Import: Rohdaten aller Leica-Scanner, E57, PTG, RCP, LAS, PTX, PTS, TXT, LGSx, teilweise Rohdaten anderer Scannerhersteller, Pegasus Mobile Mapping Daten, BMP, JPEG, PNG Export: LGSx, PTS, LAS, E57, PTG, PTX, RCP, SEMA, JPG
<b>Voraussetzungen</b>	Win 10 (64-bit) oder höher
<b>Systemarchitektur</b>	Desktopsoftware für Windows
<b>Referenzprojekte</b>	Meyer Werft

#### Kontaktinformationen

Marcel Fuß ([marcel.fuss@leica-geosystems.com](mailto:marcel.fuss@leica-geosystems.com)), Sales Manager Reality Capture

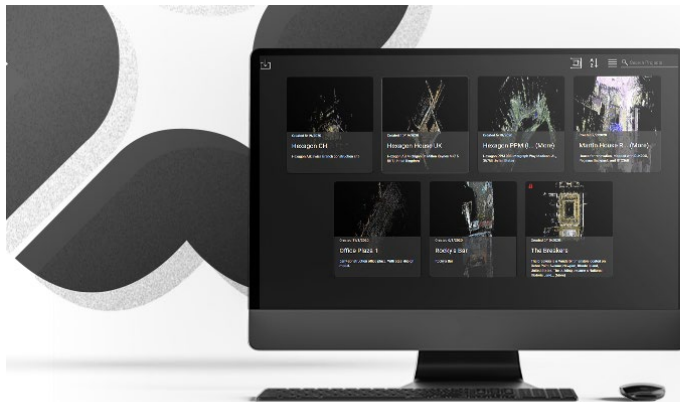


## 5.1.20 Leica Cyclone ENTERPRISE – Datenhosting und -management +

### Kurzbeschreibung

Leica Cyclone ENTERPRISE ist eine Daten-Management-Software, die den Anforderungen jedes Projekts gerecht wird. Leica Cyclone ENTERPRISE dient Teams als Datenquelle im Sinne einer "single source of truth", welche lokal oder in der Cloud für eine Zusammenarbeit an verschiedenen Orten und mit internen oder externen Projektbeteiligten eingesetzt wird. Dabei können die einzelnen Anwender zeitgleich einen Datensatz bearbeiten, wobei hinzugefügte Kommentare, Modelle, Geo-Tags und sonstige Daten permanent synchronisiert werden. Der Datenzugriff kann sowohl über den Viewer Leica TruView als auch webbasiert, von verschiedenen Endgeräten aus, erfolgen.

Der Anwender veröffentlicht Projekte in Cyclone ENTERPRISE, bestimmt Benutzer-Zugriffsrechte und Speicherorte und kann Daten in die Softwarelösungen Leica Cyclone 3DR, Leica CloudWorx, Leica TruView und andere Programme streamen, um Daten zu visualisieren, mit anderen Projektteilnehmern zusammenzuarbeiten und Ergebnisse und Analysen zu erstellen.



Cyclone ENTERPRISE kann die in der LGSx Datei gespeicherten Standpunkte, Panoramabilder, GeoTags, Snapshots, Messungen, Limitboxen, Koordinatensysteme, Modelle und mehr visualisieren und bietet einen vollständigen Datenzugriff aus jeder verbundenen Software.

Zur Verbesserung der Projektsicherheit können LGSx Dateien mit einem Passwort geschützt werden.

### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Daten-Management-Software für Punktwolken-daten im Sinne einer „single source of truth“ – verschiedene Anwender arbeiten gemeinsam am selben Projekt ohne Erstellung und Wiederausführung von Duplikaten; Import von LGSx Dateien, Projektansicht und Bearbeitung in Leica TruView LIVE, Leica TruView, Leica CloudWorx, Leica Cyclone 3DR und Software-Lösungen anderer Anbieter, Interoperabilität mit allen wichtigen CAD-Produkten von Hexagon, Autodesk, Bentley, AVEVA, und anderen
<b>Anwendungsfelder</b>	Visualisierung von Reality Capture Daten Zusammenarbeit von Projektteams an einer einzigen, synchronisierten Datenquelle mit Zugriff von verschiedenen Endgeräten (PC, Tablet, Smartphone) und Nutzungsrechten
<b>Schnittstellen</b>	LGSx, IFC, OBJ Leica TruView, Leica CloudWorx, Leica Cyclone 3DR
<b>Voraussetzungen</b>	Internetverbindung, eigener Server, Microsoft Azure, Amazon Web Services (AWS)
<b>Referenzprojekte</b>	Schattenberg-Schanze Oberstdorf

### Kontaktinformationen

Marcel Fuß ([marcel.fuss@leica-geosystems.com](mailto:marcel.fuss@leica-geosystems.com)), Sales Manager Reality Capture



### 5.1.21 Leica Cyclone 3DR – spezialisierte Workflows für alle Anwendungsbereiche

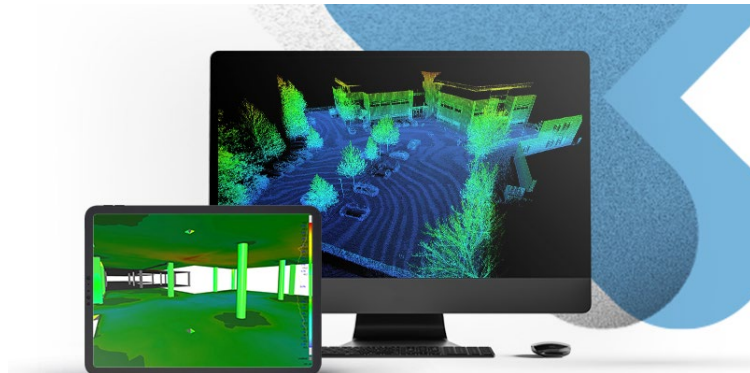
+

#### Kurzbeschreibung

Die Auswertung oder Analyse ist die letzte und wichtigste Phase im Reality-Capture-Workflow. Daten aus Punktwolken und Bildern werden in nützliche Ergebnisse wie CAD-Pläne, BIM-Modelle oder Berichte zu Soll-Ist-Vergleichen, Baufortschrittskontrollen, Bodenebenheitsanalysen, Kollisionskontrollen und vieles mehr umgewandelt, damit digitale Zwillinge, Bauvorhaben oder andere Projekte für alle Beteiligten verständlich dargestellt und datengestützte Entscheidungen getroffen werden können.

Leica Cyclone 3DR vereint eine zentrale und umfassende Punktwolkenauswertung sowie automatisierte Punktwolkenanalyse und -modellierung in einer einfachen Workflow-basierten Software. Die vielseitigen Workflows von Leica Cyclone 3DR werden branchenunabhängig allen Anwendungsanforderungen gerecht. Dank der hohen Benutzerfreundlichkeit

können sowohl neue als auch erfahrene Anwender selbst komplexe Aufgaben einfach ausführen und dabei professionelle und leicht verständliche Resultate erzielen. Zusätzliche Module sind für AEC, Vermessung, sowie Anlagenbau erhältlich. Die Software arbeitet mit intelligenter Automatisierung, um gängige Aufgaben wie Bereinigung, Klassifizierung, Modellierung, Vermaschung, Merkmalsextraktion, Prüfung und Berichterstellung rasch zu erledigen. Punktwolken, Vermaschungen, Modelle und Vektordaten lassen sich gleichzeitig laden, um Entwürfe im Kontext zu visualisieren oder Qualitätsprüfungen der Bautätigkeiten gegenüber dem Entwurf vorzunehmen. Die Palette der Ergebnisse reicht von der Visualisierung von Videos mit Durchflug oder Orthobildern bis hin zur Nutzung der dynamischen Report-Engine von Leica Cyclone 3DR, um beispielsweise 2D- und 3D-Berichtsvorlagen mit Bildern und numerischen Daten sowie BCF-Dateien für BIM-Anwendungen individuell anzupassen. Die Berichte entsprechen den jeweiligen Industriestandards.



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Analyse-Software für Punktwolkendaten zur Erstellung von Ergebnissen wie CAD-Plänen, BIM-Modellen, Durchflug-Videos, Orthobilder, u.v.m.
<b>Anwendungsfelder</b>	Erstellung digitaler Zwillinge aus Punktwolken, Analyse von Punktwolken und 3D-Modellen Anwendungsspezifische Module für: AEC, Vermessung und Anlagenbau
<b>Schnittstellen</b>	Punktwolken, Vermaschungen, Bilddateien, 3D-Modelle und 2D-Zeichnungen in verschiedenen Formaten
<b>Voraussetzungen</b>	Win 10 (64-bit) oder höher
<b>Systemarchitektur</b>	Desktopsoftware für Windows

#### Kontaktinformationen

Marcel Fuß ([marcel.fuss@leica-geosystems.com](mailto:marcel.fuss@leica-geosystems.com)), Sales Manager Reality Capture

**Leica**  
Geosystems

### 5.1.22 Leica CloudWorx – in der gewohnten CAD-Umgebung arbeiten +

#### Kurzbeschreibung

Die Auswertung oder Analyse ist die letzte und wichtigste Phase im Reality-Capture-Workflow. Daten aus Punktwolken und Bildern werden in nützliche Ergebnisse wie CAD-Pläne, BIM-Modelle oder Berichte zu Bodenebenheitsanalysen und Kollisionskontrollen umgewandelt, damit digitale Zwillinge, Bauvorhaben oder andere Projekte für alle Beteiligten verständlich dargestellt und datengestützte Entscheidungen getroffen werden können.

Leica CloudWorx CAD-Plugins bieten Anwendern die Möglichkeit, mit Reality-Capture-Daten direkt im CAD-System ihrer Wahl zu arbeiten. Leica CloudWorx ermöglicht effizientes Visualisieren, 3D-Modellieren und Analysieren indem es die Leistungsfähigkeit der nativen Werkzeuge des CAD-Pakets mit den speziellen Punktwolkenbefehlen von CloudWorx kombiniert. Mit einer Reihe von Werkzeugen und intelligenter Automatisierung können Anwender die Erstellung von 2D-Zeichnungen beschleunigen, 3D-Objekte und -Flächen modellieren, QS- und Kollisionsprüfungen durchführen und vieles mehr.

Leica CloudWorx CAD-Plugins sind verfügbar für

- AutoCAD
- Revit
- BricsCAD
- Bentley
- Smart3D
- Navisworks
- Smart Review



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Auswerte-Software für Punktwolkendaten zur Erstellung von Ergebnissen in der Umgebung des gewohnten CAD-Systems
<b>Anwendungsfelder</b>	Auswertung von Punktwolken zur Erstellung digitaler Zwillinge und zur Dokumentation des Lebenszyklus von Bauvorhaben (Gebäude, Infrastruktur, industrielle Anlagen, Denkmalschutz)
<b>Schnittstellen</b>	LGSx, AutoCAD, Revit, BricsCAD, Bentley, Smart3D, Navisworks, Smart Review
<b>Voraussetzungen</b>	Win 10 (64-bit) oder höher
<b>Systemarchitektur</b>	Plugin für CAD-Software

#### Kontaktinformationen

Marcel Fuß ([marcel.fuss@leica-geosystems.com](mailto:marcel.fuss@leica-geosystems.com)), Sales Manager Reality Capture



### 5.1.23 Leica TruView – Änderungen augenblicklich verfolgen +

#### Kurzbeschreibung

Leica TruView ist ein kostenloser Viewer für Reality Capture Daten, mit dem Projekte mit allen Projektbeteiligten vollständig geteilt werden können. Dank des LGSx Formates kann der Nutzer die Punktwolke (z.B. in RGB-Farben, Intensitätsfarben, nach Klassifizierungsergebnissen und Höhe), Scanstandpunkte, Panoramabilder, GeoTags, Snapshots, Messungen, Limitboxen, Koordinatensysteme, 3D-Modelle und vieles mehr darstellen.

Alle Anwender können auf diese Visualisierungen zugreifen und über die GeoTags und Snapshots in nur einer LGSx-Datei zusammenarbeiten. Neu hinzugefügte Objekte können in der LGSx Datei gespeichert werden und von anderen Anwendern mit TruView wieder aufgerufen und visualisiert werden. Benutzer können ihre Projekte auch in immersiven Virtual-Reality-(VR-)Erlebnissen ansehen.

Verbunden mit Leica Cyclone ENTERPRISE, synchronisiert TruView die Daten automatisch, sodass mehrere Nutzer zeitgleich an einer Datei arbeiten können.



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Kostenloser Viewer für Punktwolken, Panoramabilder und Koordinatensysteme sowie Viewer und Editor für Kommentare (Snapshots), Messungen, GeoTags, Limitboxen, 3D-Modelle
<b>Anwendungsfelder</b>	Visualisierung von Reality Capture Daten
<b>Schnittstellen</b>	LGSx, IFC, OBJ, Leica Cyclone ENTERPRISE
<b>Voraussetzungen</b>	Win 10 (64-bit) oder höher
<b>Systemarchitektur</b>	Desktopsoftware für Windows oder portable Version ohne Installation

#### Kontaktinformationen

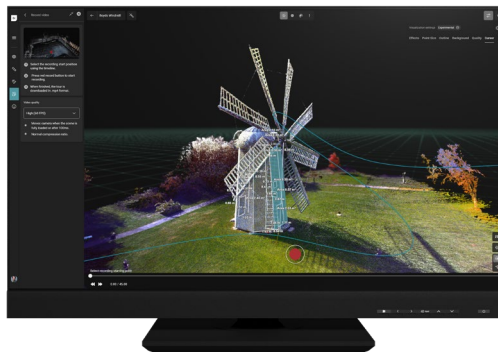
Marcel Fuß ([marcel.fuss@leica-geosystems.com](mailto:marcel.fuss@leica-geosystems.com)), Sales Manager Reality Capture

**Leica**  
Geosystems

### 5.1.24 Reality Cloud Studio, powered by HxDR – Punktwolkenverarbeitung in der Cloud +

#### Kurzbeschreibung

Reality Cloud Studio, powered by HxDR ist die Cloud-Anwendung von Hexagon zur Datenvisualisierung, Zusammenarbeit und Speicherung für Reality-Capture-Daten. Die Anwendung ist dem Softwareportfolio der Hexagon-Gruppe kompatibel. Sie verbindet sich mit der Reality Capture Feld- und Desktopsoftware von Leica Geosystems. Automatische Vermaschung und Registrierung, immersive Visualisierungen, virtuelle Rundgänge, die Zusammenarbeit mit Stakeholdern sowie die sichere Datenspeicherung - viele Schritte im Reality Capture Workflow können in der Cloud komfortabel und sicher durchgeführt werden. Egal, wo der Anwender sich befindet. Ein Internetanschluss reicht aus.



Der Anwender veröffentlicht Projekte im Reality Cloud Studio, powered by HxDR, bestimmt Benutzer-Zugriffsrechte und kann Daten in die Softwarelösung Leica Cyclone 3DR streamen, um diese zu visualisieren, mit anderen Projektteilnehmern zusammenzuarbeiten und Ergebnisse und Analysen zu erstellen. Reality Cloud Studio kann die in der LGSx Datei gespeicherte Punktwolke, die einzelnen Scannerstandpunkte und Panoramabilder visualisieren. Zusätzlich kann der Nutzer neue Limitboxen, Messungen, GeoTags und virtuelle Touren erstellen und speichern. Diese Projektdaten können im Anschluss auch mit nicht registrierten Nutzern geteilt werden.

Reality Cloud Studio kann auch als zentrale Datenablage verwendet werden. Punktwolken und zuvor erstellte Vermaschungen können heruntergeladen werden.

#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Cloud-Anwendung zur Registrierung, Vermaschung, Visualisierung und Speicherung von Reality Capture Daten
<b>Anwendungsfelder</b>	Verlagerung der Registrierung und Vermaschung vom Desktop in die Cloud, Visualisierung von Reality Capture Daten Zusammenarbeit von Projektteams an einer einzigen, synchronisierten Datenquelle mit Zugriff von verschiedenen Endgeräten (PC, Tablet, Smartphone) und Nutzungsrechten
<b>Schnittstellen</b>	Import: LGSx, E57, B2G Leica Cyclone 3DR Export: LGSx, LAS, E57, PTS, OBJ
<b>Voraussetzungen</b>	Internetverbindung
<b>Systemarchitektur</b>	Software as a Service (SaaS)
<b>Referenzprojekte</b>	Siegerlandhütte

#### Kontaktinformationen

Marcel Fuß ([marcel.fuss@leica-geosystems.com](mailto:marcel.fuss@leica-geosystems.com)), Sales Manager Reality Capture



# Leica Reality Capture

Reality Capture Sensoren erfassen Millionen von 3D-Datenpunkten innerhalb von wenigen Minuten. Diese kombinierten Datenpunkte, die so genannten Punktwolken, liefern ein vollständiges, klares und präzises digitales Abbild der Realität. Auf Basis dieses digitalen Zwillings erstellen Vermesser, Planer und Konstrukteure ein umfangreiches BIM-Modell für Neu- und Umbau.





### 5.1.25 rmDATA 3DWorx: Punktwolken intuitiv und effizient verarbeiten

#### Kurzbeschreibung

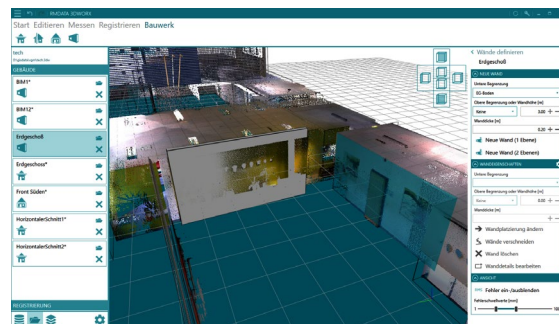
Von der Punktwolke zum Modell: Mit rmDATA 3DWorx wertet man große Punktwolkendaten aus und erstellt in wenigen, intuitiven Schritten Geschoßpläne, Schnitte, Fassadenpläne sowie 3D- und Geländemodelle.

Zur Erzeugung von Schnitt-Geometrien nutzt man die automatische Vektorisierung inklusive automatischer Linien-Verschneidung. Die abgeleiteten Elemente exportiert man mit einem Klick in beliebige CAD- oder Mapping-Systeme.

Für das Erfassen von 3D-Elementen (Wand, Decke, Türen, Fenster, Balken etc.) sucht rmDATA 3DWorx automatisch nach Ebenen in den Punktwolken. Dies vereinfacht die Modellbildung erheblich. Die Konstruktion dieser Elemente wird durch flexible Parameter und intuitiv bedienbare Funktionen unterstützt, um die verschiedenen Szenarien abzudecken. Die erzeugten Elemente exportiert man per Mausklick in die offenen Standard-Formate IFC oder STL.

Die erzeugten Daten können im Anschluss direkt mit einem CAD- oder BIM-System weiterverarbeitet werden.

Für eine Bearbeitung in Revit werden die Übersichts- und Detail-Punktwolken direkt aus dem 3DWorx-Projekt übernommen. Über die einfach gestaltete Benutzeroberfläche steuert man die Sichtbarkeit von Punktwolken und setzt Darstellungsfiler für jede Revit-Ansicht. Das rmDATA 3DWorx Revit-Plugin stellt außerdem intelligente Konstruktionsbefehle zur Verfügung, die viele Parameter automatisch aus der Punktwolke ermitteln. Mit nur einem Klick erstellt man Wand-Elemente, Fenster, Türen etc. direkt in der 3D-Ansicht von Revit.



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Software zur Bearbeitung von Punktwolken, Punktwolken-Analyse, Erstellung von Schnitten, Plänen, Ansichten sowie 3D- und Geländemodellen, Ableitung von BIM-Elementen, Plugin für Autodesk Revit
<b>Anwendungsfelder</b>	Digitalisierung von Gebäuden, Aufmaß von Gebäuden, Punktwolken-Analyse, DGM, BIM
<b>Schnittstellen</b>	E57, PTS, LAS, LAZ, IFC, STL, DWG/DXF, RCP/RCS
<b>Voraussetzungen</b>	Empfohlen: Intel i7 CPU (oder vergleichbar), 16 GB RAM, schnelle SSD Festplatte, NVIDIA GEFORCE GTX 3060 (oder vergleichbar, mindestens OpenGL 4.5), Microsoft Windows 10 64Bit (mind. Version 22H2), Microsoft Windows 11 64 Bit (mind. Version 22H2)
<b>Systemarchitektur</b>	Desktop-Anwendung
<b>Referenzprojekte</b>	Vermessung Büttner: Sanierung und Neugestaltung von Schloss Liebig in Kobern – Gondorf, UVM

#### Kontaktinformationen

rmDATA GmbH (office@rmdatagroup.com), www.rmdatagroup.com



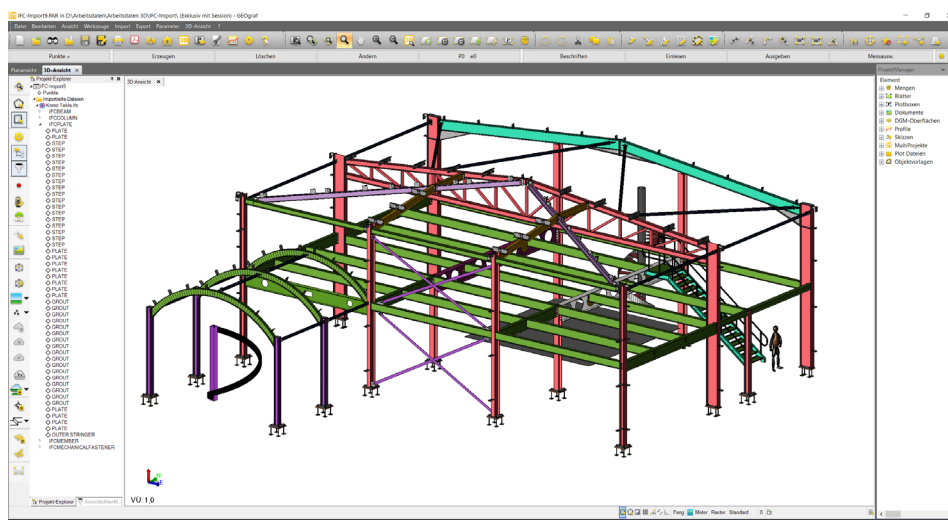
## 5.1.26 GEOgraf – CAD, GIS, BIM ☺

### Kurzbeschreibung

GEOgraf ist in Deutschland das Universalwerkzeug für Vermessung. Wenn es um ALKIS, Stadtkarten, Lagepläne, Bundesliegenschaften, Kanalvermessung, Bauleitplanung oder GIS-Erfassung geht, befeuert GEOgraf die effiziente Produktion und Veredelung von Geodaten – Geodaten, die in Zukunft in 3D modelliert und im BIM-Workflow integriert sein werden.

Für Vieles, das in der BIM-Welt gebraucht wird, besitzt GEOgraf praxiserprobte Werkzeuge: So beispielsweise zum vielfältigen Umgang mit Lagebezügen, zur hierarchischen Objekterfassung, zur Attributierung mit Sachdaten und zum Modellieren auf Punktwolken.

Während die IFC-Standardisierung seitens buildingSMART für den Außenbereich und für Infrastruktur noch im Gange ist, liefern unsere Kunden heute schon vielfältige Bestandsdaten (As-Is und As-Built) für BIM-Projekte zu (Schnittstellen s.u.). Für Absteckungen importieren und georeferenzieren Sie IFC- oder TrimBIM-Daten in unsere 3D-Komponente und leiten daraus Achsen oder Punkte ab. Im Feld stecken Sie diese – z. B. mit Trimble Access oder GKFELD – ab oder Sie arbeiten direkt mit dem in GEOgraf für Ihre Zwecke aufbereiteten und georeferenzierten IFC-Modell.



### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	CAD für Vermessung in Office und Feld, BIM und GIS, Datenintegration
<b>Anwendungsfelder</b>	Ingenieurvermessung, Aufmaß und Absteckung, Punktwolken und Messbildpanoramen, Lageplan, DGM, Infrastruktur, Kanal, Straße, Kataster ...
<b>Schnittstellen</b>	IFC, OKSTRA, GML, CityGML, XPLANUNG, Shape, ALKIS-NAS, ALKIS-NBA, ISYBAU, REB, DXF/DWG, WMS/WFS, Geodatenbanken
<b>Voraussetzungen</b>	Microsoft Windows
<b>Systemarchitektur</b>	Desktopapplikation mit Möglichkeit zur Netzwerkinstallation und Multiuserbetrieb
<b>Referenzprojekte</b>	Derzeit in Abstimmung

### Kontaktinformationen

info@hhk.de, HHK Datentechnik GmbH

### 5.1.27 SAMO Strategic Asset Management & Operations

#### Kurzbeschreibung

SAMO ist eine Asset-orientierte Lösung, die eine Vielzahl geschäftskritischer Aufgaben bei der BIM-konformen Planung und Ausführung von Investitionsvorhaben sowie bei Instandhaltung und Instandsetzung, Entstörung, Abschaltung, Arbeitsvorbereitung und im mobilen Workforce Management unterstützt. Die SAMO-Module ermöglichen eine vollständig digitale Planung nach BIM-Grundsätzen und unterstützen die Realisierung durch digitale Bauakte, einen koordinierten Ablauf von Wartungs- und Reparaturarbeiten, unterstützen beim optimalen Ressourceneinsatz, legen Vorgaben für Inspektionen fest, verwalten Arbeitsabläufe von Investitionsprojekten und bieten zudem viele weitere Funktionen.

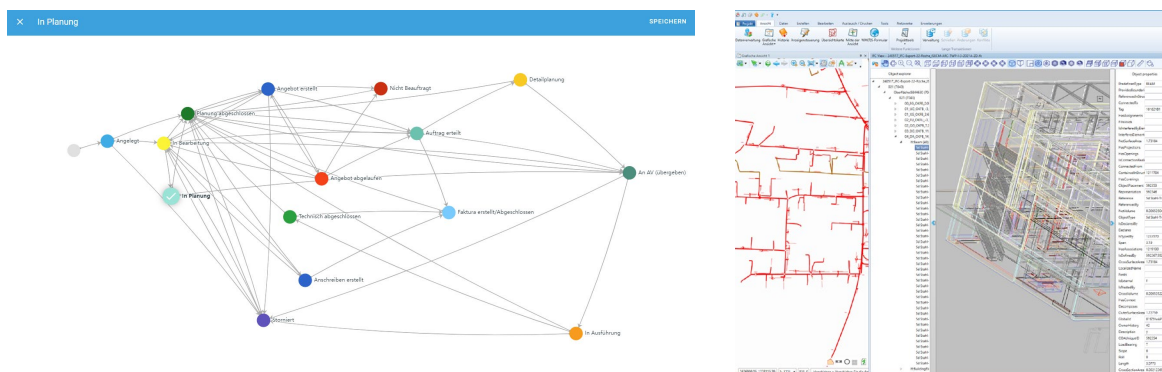


Abbildung links: Statusvisualisierung eines Planungsprozesses in SAMO

Abbildung rechts: Verschneidung von IFC-BIM-Daten mit GIS-Asset-Daten im SAMO LIDS Explorer

Zusätzlich zu den operativen Modulen können Anwender die Daten in SAMO beispielsweise für Risikobewertungen, Asset Integrity Management und Betriebsoptimierungen nutzen. Für Analysen, Simulationen, Vorhersagen und interaktive Berichte integriert SAMO heterogene Datenquellen in eine homogene Informationsbasis.

#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	GIS/Betriebsmittelverwaltung mit integrierter Workflow-Engine für Prozesse wie Planung/Bau/Entstörung/Instandhaltung/Work Management/Mobile WFM/Netzanschluss/Planauskunft u. v. a. m.
<b>Anwendungsfelder</b>	Infrastrukturmanagement für Netze, Anlagen und Flächen aller Art über den gesamten Lebenszyklus.
<b>Schnittstellen</b>	API, SOA, SOAP, DGN, DWG, DXF, SHP, KML, SVG, CSV, XML, SQL, ISYBAU XML, NEPLAN, Stanet, PSI, IDS HighLeit, Inovitas Infra3D, entellgenio ASP, Adaptricity.X, IFC 5.X Referenzieren, IFC 5.X Export geplant
<b>Voraussetzungen</b>	Datenbank Oracle oder PostgreSQL, Apache Tomcat, MS Windows für Fat-Clients, Android/iOS für mobile Apps, Internetbrowser für mobile Apps und Web-Clients
<b>Systemarchitektur</b>	3-Schicht-Architektur, Fat-Clients zur Datenerfassung/-Analyse, Web- und mobile Clients für Auskunft, Fortführung, Portale im Anwender-CI
<b>Referenzprojekte</b>	IVAN (Integrierte Verwaltung von Anlagen in Netzen) bei CURRENTA GmbH & Co. OHG, Leverkusen iNIS bei Stromnetz Hamburg GmbH GIS/BIS bei Stadtwerke Landsberg KU

#### Kontaktinformationen

Frank Kutter (frank.kutter@asseco-berit.de), Asseco BERIT GmbH

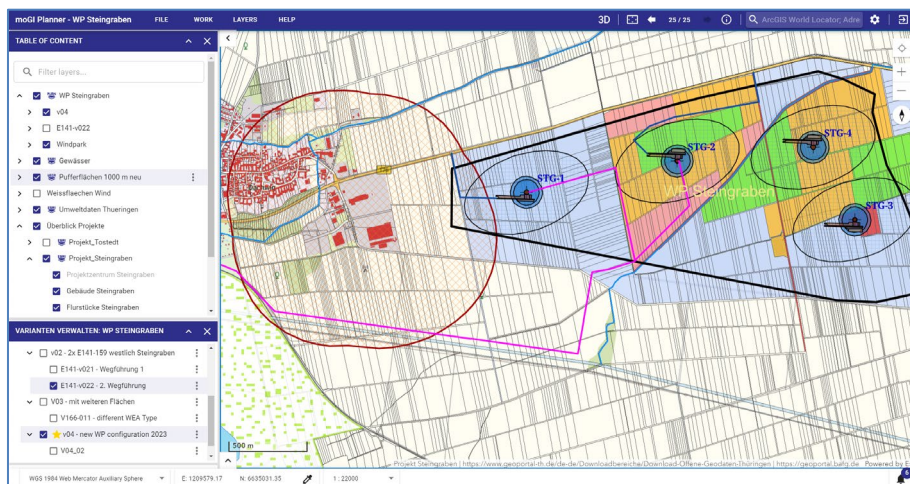


## 5.1.28 moGI Planner

### Kurzbeschreibung

moGI Planner ist eine webbasierte und modulare Lösung für die Planung räumlicher Infrastrukturen. Die Web-GIS Schnittstelle des moGI Planner bietet eine zentrale und projektübergreifende Sichtweise auf alle Projekte und unterstützt GIS-basierte Bearbeitungen. Darüber hinaus können Daten für Fachverfahren in den geeigneten Strukturen/für die jeweiligen Werkzeuge bereitgestellt und eingelesen werden. Dies umfasst insbesondere externe GIS-basierte Werkzeuge, CAD- und BIM-Werkzeuge (Austausch via DXF, IFC, Revit-Plugin) und Fachanwendungen wie WindPRO, DMS, ERP etc., sowie offene Schnittstellen für die Anbindung eigener Werkzeuge. In moGI Planner gespeicherte Fach- und Planungsdaten werden im zentralen Datenmodell als Planungsvarianten abgebildet. Die Mitarbeiter haben dezidierte Lese- und Schreibrechte auf Planungsobjekte und Daten (Gebasis-, Sach-, Fachdaten). moGI Planner bietet auch die Möglichkeit, Dokumente (z. B. Fotos, Verträge und Gutachten) inhaltlich, zeitlich und räumlich zu suchen, einzusehen und zu editieren.

Die Lösung unterstützt Ihre Planungsprozesse durch ein einheitliches Informationsmanagement, stellt eine zentrale Prozesssteuerung bereit und ermöglicht die Bewertung von Planungsalternativen und Varianten. Dies reduziert folglich Aufwände bei der Datenkonvertierung und Projektionsänderung. Doppelarbeiten bei der Datenerfassung werden vermieden. Standardisierte Datenaustauschprozesse sorgen für beschleunigte Abstimmungsschritte. Die gesamte Infrastruktur kann über standardisierte Schnittstellen in eine bestehende IT-Landschaft (z. B. ERP, CRM) eingebettet werden.

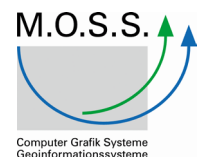


### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Übergreifendes Informationsmanagement in Planungsprozessen (BIM, GIS, DMS etc.) mit zentralem Datenzugriff über Web-Browser
<b>Anwendungsfelder</b>	z. B. Windpark- und Solarpark-Planung, Raumordnungsplanung
<b>Schnittstellen</b>	ArcGIS, QGIS, FME, OGC APIs, Revit, GML, CityGML, IFC, DXF
<b>Voraussetzungen</b>	PostgreSQL/MSSQL/Oracle Datenbankserver, Tomcat Applikationsserver, Internetbrowser für grafische Oberflächen
<b>Systemarchitektur</b>	Client-Server-System, Webzugriff
<b>Referenzprojekte</b>	Windparkplanung; Deep Space BIM, openBIMbiotop – eeBIM

### Kontaktinformationen

Markus Muerth (renewables@moss.de), M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH



## 5.1.29 Der isl-baustellenmanager

### Intelligente Software für BIM-fähiges Baustellenmanagement

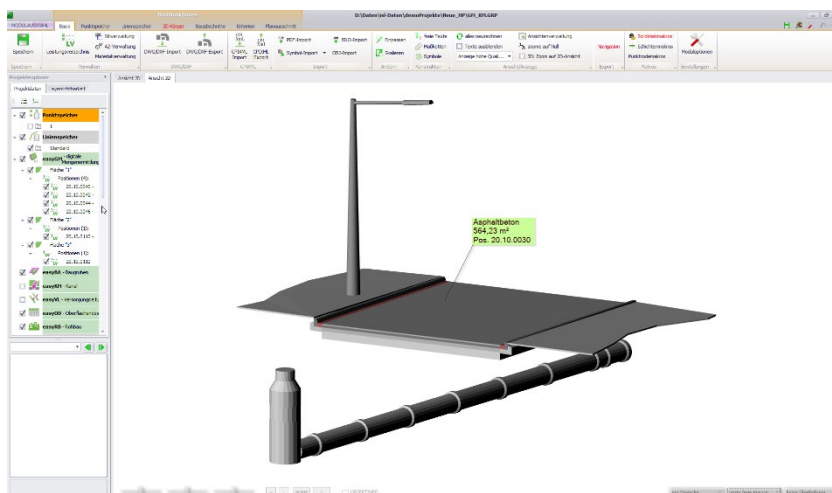
#### Kurzbeschreibung

„SoftwareLösungen sind Mittel zum Zweck“, sagt das Team von isl-kocher und bietet mit seinem isl-baustellenmanager eine Lösung, die sich kompromisslos an den Bedürfnissen der Baubranche orientiert. Die Software bietet Anwendern aus dem Straßen- und Tiefbau, dem Infrastrukturbau sowie dem Hochbau eine durchgehende Prozesskette von der Mengenermittlung in der Kalkulation über die Arbeitsvorbereitung und Abrechnung bis hin zur Baustellendokumentation auf Basis grafischer Daten. Dabei verzichtet das Programm bewusst auf die hier nicht notwendigen Werkzeuge einer Planungssoftware.

Alle mit dem isl-baustellenmanager erstellten Auswertungen sind REB-konform, Regeln der VOB werden auf Wunsch berücksichtigt. Gängige Schnittstellen wie GAEB, CPI und DXF/DWG werden ebenso unterstützt wie das Hinterlegen von Plänen als Bilder (TIFF, JPG) oder PDF.

Der isl-baustellenmanager ist zudem ein innovatives Werkzeug zur Erstellung von 3D-Modellen im Bauwesen. Das Team von isl-kocher unterstützt seine Kunden damit auf ihrem Weg zur Digitalisierung und bei der Anwendung der zukunftsorientierten Arbeitsweise BIM.

Die Software besteht aus verschiedenen Modulen, die sich je nach betrieblichen Ansprüchen kombinieren lassen. Der isl-baustellenmanager wird im Straßen- und Tiefbau, Kanalbau, Erdbau, Garten- und Landschaftsbau sowie im Hochbau und bei Infrastrukturprojekten eingesetzt. Nutzer sind Baukonzerne genauso wie regional agierende Mittelständler.



#### Eigenschaften

<b>Art der Anwendung</b>	Software für das Baustellenmanagement, Erstellung von 3D-Modellen im Bauwesen, Anwendung der Arbeitsweise BIM
<b>Anwendungsfelder</b>	Straßen- und Tiefbau, Erdbau, GaLaBau, Hochbau
<b>Schnittstellen</b>	GAEB, REB, CPI, DXF/DWG, LandXML, (IFC in Arbeit), Topcon, Trimble
<b>Voraussetzungen</b>	Windows (aktuelle Systemvoraussetzungen unter <a href="http://www.isl-kocher.com">www.isl-kocher.com</a> )
<b>Systemarchitektur</b>	Desktop
<b>Referenzprojekte</b>	Baumaßnahmen von Baukonzernen sowie regional agierenden Mittelständlern

#### Kontaktinformationen

Frank Kocher ([kontakt@isl-kocher.com](mailto:kontakt@isl-kocher.com))  
isl-kocher GmbH

**isl-kocher.com**

Intelligente Software Lösungen

## 5.2 Dienstleistungen

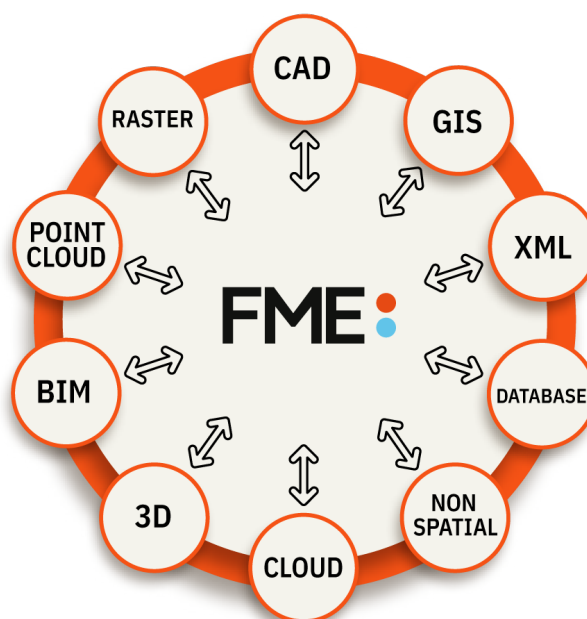
In diesem Kapitel werden exemplarisch einzelne Dienstleistungsprodukte vorgestellt. Diese wurden von den einzelnen Unternehmen, die dem Beteiligungsauftrag des „DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement“ und des „Runden Tisches GIS e. V.“ gefolgt sind, zum Leitfaden beigesteuert.

Die nachfolgenden Dienstleistungen wurden von den jeweiligen Herstellern auf Grundlage vorgegebener Templates erstellt. Ebenso beruhen alle Daten und Fakten auf Herstellerangaben. Trotz größter Sorgfalt können für Irrtümer und Fehler keine Haftung übernommen werden.

### 5.2.1 con terra GmbH – Anbieter intelligenter, integrierter GIS-Lösungen

#### Kurzbeschreibung

Die con terra GmbH berät und unterstützt umfassend bei der Integration, Konvertierung und Transformation von BIM-, CAD- und GIS-Daten auf Basis der Datenintegrationsplattform FME. Mithilfe der universellen Datendrehscheibe ist eine datenquellenunabhängige und sehr effiziente Verarbeitung raumbezogener Informationen möglich. Für mehr als 500 Datenformate, wie beispielsweise Autodesk Revit (RVT), „Open BIM“-Collaboration-Format (BCF) und Industry Foundation Class STEP/XML Files (IFC), lassen sich sehr flexibel unterschiedlichste Transformationsprozesse zur Verarbeitung von BIM-Daten realisieren. Mit einem Team von offiziell zertifizierten FME Professionals unterstützt con terra bei der Analyse fachlicher und organisatorischer Anforderungen, entwickelt Strategien und Handlungsempfehlungen und unterstützt bei der Konvertierung, Transformation und Integration von BIM-Daten.



#### Eigenschaften

<b>Art der Dienstleistung</b>	Beratung und Unterstützung zur Datenintegration für BIM, CAD und GIS mit FME-Technologie; Entwicklung kundenspezifischer Lösungen; Hosting auf Basis von FME Cloud
<b>Anwendungsfelder</b>	Bauen im Bestand, Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau, Bauausführung, Monitoring, Facility Management u. a.
<b>Zielgruppe</b>	Anwender, die Daten integrieren, konvertieren und transformieren möchten
<b>Voraussetzungen</b>	keine
<b>Referenzprojekte</b>	A99, achtstreifiger Ausbau AK München Nord bis AS Haar; DB Netz AG – Großprojekt 2. S-Bahn-Stammstrecke München (SSF Ingenieure und Prof. Schaller Umwelt-Consult GmbH; <a href="https://www.ssf-ing.de/project/unterirdische-stationen-der-2-s-bahn-stammstrecke-muenchen/">https://www.ssf-ing.de/project/unterirdische-stationen-der-2-s-bahn-stammstrecke-muenchen/</a> ); <a href="https://support.safe.com/hc/en-us/sections/25407340083085-CAD-and-BIM">https://support.safe.com/hc/en-us/sections/25407340083085-CAD-and-BIM</a>

#### Kontaktinformation

Anne-Kathrin Birkenbeul (info@conterra.de), con terra

## 5.2.2 BIM Ready – Die Ausbildung für mehr Produktivität

### Kurzbeschreibung

Projekte im Bereich Hochbau und Infrastruktur Management müssen bei gleicher Qualität immer schneller und kostengünstiger realisiert werden. Wesentliche Voraussetzung dafür ist, dass alle Beteiligten – Mitarbeiter aus Hochbau, Tiefbau und anderen Ingenieurwissenschaften – durchgängige Planungsmethoden nutzen und Prozesse harmonisieren, für mehr Effizienz, Qualität und Transparenz.

Eine erfolgreiche Einführung von BIM (Building Information Modeling) in einem Unternehmen ist ein abgestimmtes Zusammenspiel von neuen Prozessen, Technologien, Schnittstellen und Standards. Kunden von Mensch und Maschine profitieren von einem einzigartigen Team aus BIM-Experten, Technologiespezialisten, Trainern und Beratern.

Die Grundausbildung des BIM-Ready-Ausbildungskonzepts bietet auf allen Stufen den passenden Einstieg in das Thema BIM. Zukunftsthemen und weiterführende Trainings, sind in der BIM Ready Spezialisierung zu finden.



### Eigenschaften

<b>Art der Dienstleistung</b>	Ausbildungsangebot
<b>Anwendungsfelder</b>	Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau
<b>Zielgruppe</b>	ausführende Planer, technische Zeichner und BIM-Einsteiger
<b>Voraussetzungen</b>	keine
<b>Referenzprojekte</b>	Deutsche Bahn, Werner Sobek

### Kontaktinformationen

Stefanie Ebner ([stefanie.ebner@mum.de](mailto:stefanie.ebner@mum.de)),  
Mensch und Maschine Deutschland GmbH

**mensch  maschine**  
Software



### 5.2.3 Bauen im Bestand – BIM fängt beim Aufmaß an – präzise Planung setzt ein präzises Aufmaß voraus – 3D-BIM-Modelle als Planungsgrundlage

#### Kurzbeschreibung

Beim Bauen und Renovieren im Bestand gestaltet sich die Aufgabe aus vorhandenen Bestandsplänen zu einem 3D-BIM-Modell zu kommen, als Herausforderung. Umbauten, welche über die Jahre stattfanden und in keinem Plan berücksichtigt wurden, erschweren die Arbeit zusätzlich.

Deshalb ist unser Grundsatz, dass eine solide BIM-Planung für das Bauen im Bestand bereits beim Aufmaß beginnt.

Die Flexijet GmbH bietet neben dem Verkauf von 3D-Aufmaßlösungen auch Dienstleistungen zur digitalen Datenerfassung. Geliefert werden 3D-Gebäudemodelle, welche vor Ort vermormungsge- recht direkt ins CAD aufgemessen und sinnvoll strukturiert werden. Balkenlagen, Wände und andere Raumelemente sind sauber in Gruppen organisiert und bieten die ideale Planungsgrundlage. Die Detaillierungsgrade im Altbau sind individuell wählbar und werden vorab mit dem Kunden besprochen.

Die Flexijet GmbH dient als Ansprechpartner für Technik, Schulung sowie Dienstleistung in der Modellierung von 3D-Gebäudemodellen.



#### Eigenschaften

<b>Art der Dienstleistung</b>	z. B. Beratung/Schulung, Einführung, Datenerfassung, Modellierung, Datenintegration (GIS/CAD/BIM) ...
<b>Anwendungsfelder</b>	Datenerfassung von 3D-Gebäudemodelle für das Bauen im Bestand
<b>Zielgruppe</b>	Architekten und Bauherren (B2B, BTC)
<b>Voraussetzungen</b>	Ideal ist ein IFC-fähiges BIM-System, bevorzugt ArchiCAD oder Revit
<b>Referenzprojekte</b>	<a href="http://www.flexijet.info">www.flexijet.info</a>

#### Kontaktinformationen

Daniel Frisch([daniel.frisch@flexijet.info](mailto:daniel.frisch@flexijet.info)), Flexijet GmbH



## 5.2.4 BIM-Beratung

### Kurzbeschreibung

Viele Vermessungs- und Planungsbüros sowie Bauunternehmen aber auch Hersteller stehen vor der Herausforderung, die Methode BIM in ihrem Unternehmen einzuführen. Das größte Problem besteht darin, die vorhandenen Prozesse und Werkzeuge neben der eigentlichen Tätigkeit anzupassen und zu erlernen.

Um diese Herausforderung zu stemmen, bieten die BIM-Experten der NTI Deutschland GmbH individuelle BIM-Beratung und Prozessarbeit an. Unsere BIM-Experten aus dem Bauwesen und der Industrie unterstützen unsere Kunden bei der Analyse, einem Pilotprojekt und der stufenweisen Umsetzung im Unternehmen. Gemeinsam entwickeln wir zum Beispiel BIM-Unterlagen, Modellierungsrichtlinien, BIM-Bauteile oder Prozesse. Als Autodesk Construction Cloud Elite Partner bieten wir des Weiteren CDE-Schulungen an und ermöglichen unseren Kunden die kollaborativen Arbeitsweise BIM vollumfänglich zu nutzen.

Die drei großen Bausteine unseres NTI BIM-Stufenplans sind in folgender Abbildung zu sehen:



NTI Deutschland unterstützt Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmen und Hersteller rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen, praxisnahe Schulungen und BIM-Beratung.

### Eigenschaften

<b>Art der Dienstleistung</b>	Beratung, Einführung der BIM-Methode
<b>Anwendungsfelder</b>	Bauen im Bestand, Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau, Bauausführung, Monitoring, u. a.
<b>Zielgruppe</b>	Vermessungs- und Planungsbüros sowie ausführende Betriebe und Hersteller
<b>Voraussetzungen</b>	keine
<b>Referenzprojekte</b>	FUCHS Ingenieurbüro für Verkehrsbau GmbH (BIM-Einführung) Ingenieurbüro Schulze & Rank Ingenieurgesellschaft m. b. H. (BIM-Einführung) O+M Architekten GmbH BDA (BIM-Einführung)

### Kontaktinformationen

Kristina Kroner (krkr@nti-group.com), NTI Deutschland GmbH

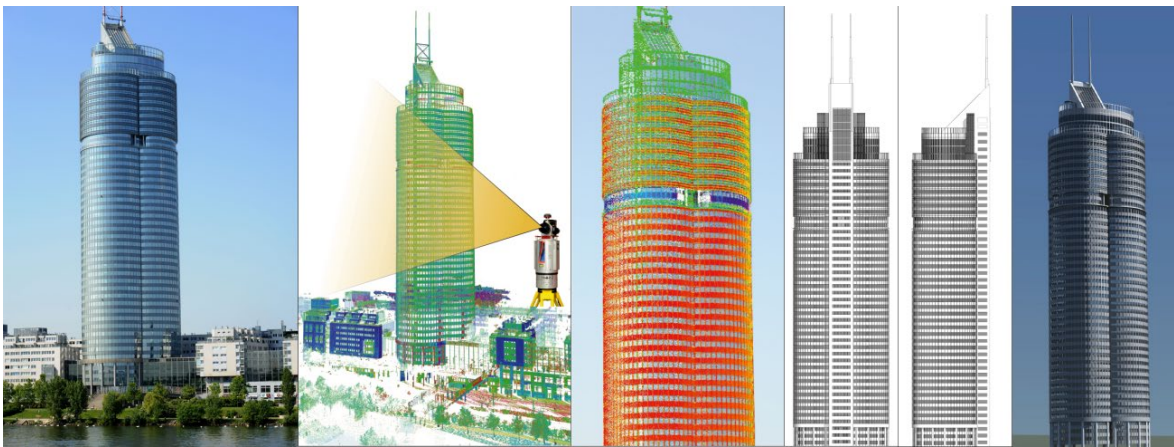
### 5.2.5 PHOCAD GmbH – Datenerfassung, Auswertung und Modellierung

#### Kurzbeschreibung

Die PHOCAD Ingenieurgesellschaft mbH weist langjährige Erfahrungen im Bereich der geometrischen Bauwerkserfassung mittels verschiedener Aufmaßverfahren – insbesondere Laserscanning, Photogrammetrie und UAV – sowie bei der Erzeugung von digitalen Bauwerksmodellen auf.

Durch die Verwendung der von PHOCAD entwickelten digitalen Auswertesoftware PHIDIAS zur integrierten Verarbeitung von 3D-Punktwolken und Bildaufnahmen können neben klassischen CAD-Modellen ebenso bauteilorientierte (BIM-)Modelle in unterschiedlichen Detaillierungen generiert werden.

Die PHOCAD GmbH bietet Dienstleistungen im Bereich der Datenerfassung, Auswertung und Modellierung für BIM an.



#### Eigenschaften

<b>Art der Dienstleistung</b>	Datenerfassung, Modellierung, Datenintegration (GIS/CAD/BIM)
<b>Anwendungsfelder</b>	Bauen im Bestand, Hochbau/Tiefbau, Bauausführung, Denkmalschutz, Facility Management, Bauwerksüberwachung, Mobile Mapping
<b>Zielgruppe</b>	BTB, BTC
<b>Voraussetzungen</b>	keine
<b>Referenzprojekte</b>	<a href="http://phocad.de">http://phocad.de</a>

#### Kontaktinformationen

Christoph Effkemann (effkemann@phocad.de), PHOCAD GmbH

### 5.2.6 Einfache BIM-Integration für Planung und urbane Simulation ☺

Basierend auf 3D-Stadtmodellen bietet **Virtual City Systems** Lösungen für die Integration von BIM-Modellen, Planungsszenarien und städtebaulichen Entwürfen in Kombination mit Simulations- und Analyseanwendungen.

#### Kurzbeschreibung

Mit dem **VC Planner** – einem 3D-Planungstool – können neben allen gängigen CAD-Formaten auch BIM-Modelle im offenen und anerkannten Datenstandard IFC in wenigen Arbeitsschritten in ein Planungsszenario integriert werden, sei es für die interaktive Visualisierung, Untersuchungen im urbanen Kontext oder Simulationsanwendungen.

Die Abbildung zeigt die browserbasierte Visualisierung von Klimasimulationen mit der Software Palm4U für das Planungsszenario Salzstadel in der Stadt Rosenheim. Mit dem **Swipe Tool der VC Map** lassen sich verschiedene Ergebnisse einfach gegenüberstellen und vergleichen. Ausgewählte Gebiete aus dem 3D-Stadtmodell können mit dem **VC Warehouse** in zahlreiche Zielformate exportiert und für beliebige Anwendungen zur Verfügung gestellt werden.

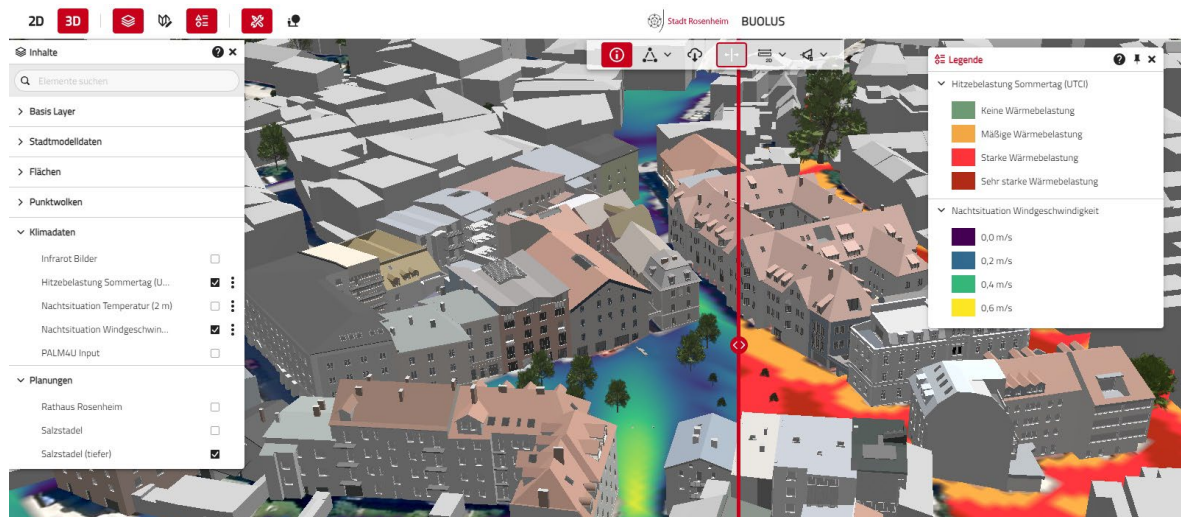


Abbildung: Integration von BIM-Modellen in den Stadtmodellkontext als Basis für Klimauntersuchungen am Beispiel des Forschungsprojektes BUOLUS zum Salzstadel in Rosenheim.

#### Eigenschaften

<b>Art der Dienstleistung</b>	Datenaufbereitung von BIM-Modellen für die Integration in 3D-Stadtmodelle und Simulationsanwendungen; mechanische, thermische oder strömungsmechanische Simulationen
<b>Anwendungsfelder</b>	Architektur, Stadtplanung, Infrastrukturplanung, Umweltplanung, Klimaanpassung, Gebäudebestandsverwaltung, Katastrophenmanagement
<b>Zielgruppe</b>	BTB, BTC
<b>Voraussetzungen</b>	BIM-Modelle im IFC-Format, CityGML-basierte 3D-Stadtmodelle
<b>Referenzprojekte</b>	Forschungsprojekt BUOLUS mit dem Fraunhofer IBP und Rosenheim; Projekt Smart Villages Niedernhall des LGL Stuttgart; Windfeldsimulation Digital Twin Kalasatama der Stadt Helsinki

#### Kontaktinformationen

Dr. Stefan Trometer (strometer@vc.systems), Virtual City Systems



### 5.2.7 Grundlagenermittlung durch 3D-Laserscanvermessung, Photogrammetrie und sachgerechte Planfertigung/3D-Modellierung

#### Kurzbeschreibung

Die Bestandsdokumentation ist für die BIM-Planung im Brownfield eine wichtige Grundlagenleistung und erfordert hohe Sorgfalt in Vermessung und Architektur.

Das Bestandsmodell wird erst in den anschließenden Leistungsphasen im Zuge der Planung verifiziert. Spätere Korrekturen in Geometrie und Metadaten können immense Probleme bei allen Gewerken erzeugen und den BIM-Prozess grundsätzlich gefährden.

Als 3D WELT Vermessung GmbH bieten wir diese Dienstleistung für unsere Auftraggeber an. Mit einem interdisziplinären Team von 32 Mitarbeitern, bestehend aus Geodäten, Bautechnikern, Architekten, Bauzeichnern und Experten aus der bauhistorischen Untersuchung können wir das Thema Grundlagenermittlung von der ersten Messung vor Ort bis hin zum sachgerechten 3D-BIM-Modell bearbeiten.

Zur Aufnahme setzen wir neben der klassischen Ingenieurvermessung, das 3D-Laserscanning und die Photogrammetrie ein. Dabei liegt unser Augenmerk auf qualitativ einwandfreien und nachhaltigen Messdaten.

Speziell das Thema Wertschöpfung spielt grundsätzlich eine wesentliche Rolle, da auf Basis der Punktwolken unterschiedliche Ausprägungen an Reifegraden (LOD) im Bestandsmodell entwickelt werden können – ohne erneute Messung.

Neben der Grundlagenermittlung ist auch die As-Build-Dokumentation für eine spätere Anbindung an ein CAFM-System sowie das Reverse Engineering während der Bauphase ein wichtiges Einsatzgebiet im BIM-Prozess.



#### Eigenschaften

<b>Art der Dienstleistung</b>	Bestandsvermessung, Planfertigung nach DIN, 3D-Modellierung nach BIM-Philosophie
<b>Anwendungsfelder</b>	Architektur, HLS, Anlagen, Außenanlage → LPH 1-4, 8, 9
<b>Zielgruppe</b>	Bauherrschaft, Generalplaner, Architekten, Planer je Gewerk
<b>Voraussetzungen</b>	Projekte im Brownfield oder Dokumentation für CAFM
<b>Referenzprojekte</b>	<a href="http://www.3dwelt-vermessung.de">www.3dwelt-vermessung.de</a>

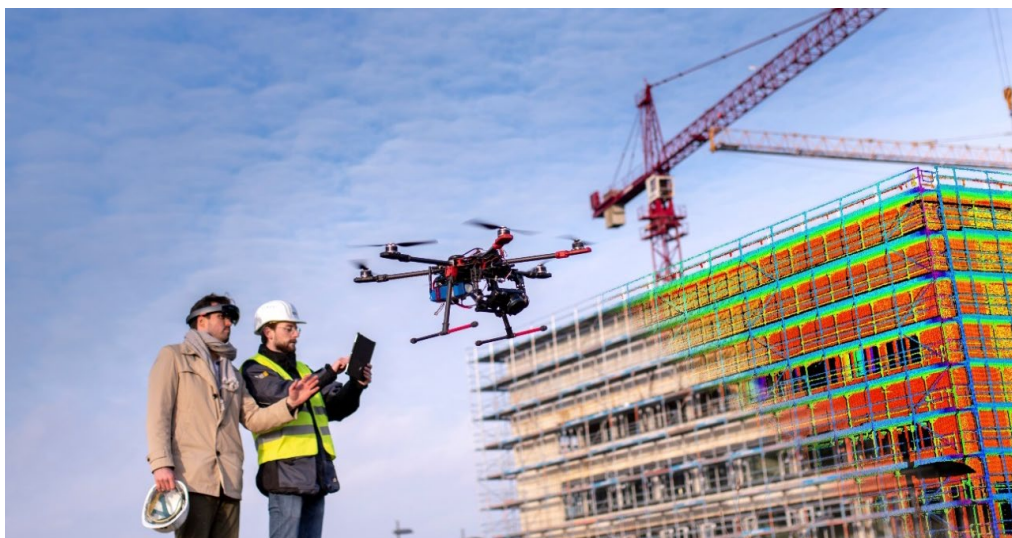
#### Kontaktinformationen

Benjamin Sattes ([benjamin.sattes@3dwelt-vermessung.de](mailto:benjamin.sattes@3dwelt-vermessung.de)),  
3D WELT Vermessung GmbH

## 5.2.8 BIM Center Aachen – Forschungszentrum und branchenübergreifendes Netzwerk für digitales Bauen und Betreiben

### Kurzbeschreibung

Das BIM Center Aachen ist ein Zusammenschluss aus vier Forschungseinrichtungen der RWTH Aachen und einem branchenübergreifenden Netzwerk aus marktführenden Kernpartnern und ausführenden Unternehmen. Das Center adressiert die Digitalisierung im Bauwesen mit dem Ziel, bestehende, jedoch oft lückenhafte Wertschöpfungsketten bei Herstellern und ausführenden Unternehmen zwischen CAD, Vermessung/GIS, CAM, Betrieb (CAFM) und Erhaltung im Bauwesen zu optimieren. Dies betrifft Prozesse und Schnittstellen zwischen digitaler Planung, Herstellung und Vorfertigung, Lieferung, Zusammenbau und Montage, Bauausführung, Inbetriebnahme, As-built-/As-is-Dokumentation, computergestütztem Bauwerksmanagement (z. B. CAFM) und Wartung technischer Systeme. Im BIM Center Aachen werden langjährige Erfahrungen in der Anwendung digitaler Methoden im Bauwesen, digitaler Erfassung und Modellierung der bebauten Umwelt (u. a. TLS/Photogrammetrie, UAV), Softwareentwicklung gebündelt. Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten adressieren u. a. die As-is-/As-built-Dokumentation, semantische Modellierung, Geoinformationssysteme, Geospatial IoT, Data Stream Processing sowie VR und Mobile Augmented Reality.



### Eigenschaften

<b>Art der Dienstleistung</b>	Forschung und Entwicklung, BIM-Zertifizierung, BIM-Qualifikation, BIM-Prozessevaluation, BIM-Beratung, Netzwerk
<b>Anwendungsfelder</b>	Digitale Planung, Herstellung und Vorfertigung, Lieferung, Zusammenbau und Montage, Bauausführung, Inbetriebnahme, As-built-Dokumentation, computergestütztes Facility Management (CAFM) und Wartung technischer Systeme
<b>Zielgruppe</b>	B2B
<b>Voraussetzungen</b>	Immatrikulation als Partner
<b>Referenzprojekte</b>	Diverse Projekte im Bereich des digitalen Planens, Bauen und Betriebens, u. a. digitale 3D-Bauwerkserfassung und semantischer As-built/As-is-Modellierung, Common Data Environments, vernetzte Felddaten im Bauwesen, verteilte Geoinformationssysteme, Datenbanken und Geospatial IoT usw.

### Kontaktinformationen

Lev Kirnats (kirnats@e3d.rwth-aachen.de), BIM Center Aachen



### 5.2.9 BIM-Qualifizierung

#### Kurzbeschreibung

Einer der wichtigsten Faktoren bei der Anwendung von BIM und neuen Technologien sind die Mitarbeiter. Um von den zahlreichen Vorteilen der Planungsmethode BIM profitieren zu können, ist eine praxisorientierte Qualifizierung zwingend erforderlich. Um die Qualifizierung in der Software und der BIM-Methode so schnell und effektiv wie möglich zu gestalten, hat die NTI Deutschland GmbH eine spezielle Schulungsmethode entwickelt. Gemeinsam mit dem Kunden werden die Schulungsschwerpunkte analysiert und auf die jeweiligen Bereiche des Unternehmens zugeschnitten. Unsere Dozenten vermitteln dabei mehr als nur Wissen – sie befähigen die Mitarbeiter im Umgang mit Software und Planungsmethoden. In den ausschließlich firmenindividuellen Schulungen empfiehlt NTI, als Schulungsbeispiel ein Projekt des Kunden zu verwenden.

Für den Bereich der Geodäsie bietet NTI unter anderem Individualschulungen zu:

- Grundlagen zur Punktwolkenbearbeitung mit Autodesk ReCap
- Scan2BIM – Bestandsmodellierung in Autodesk Revit auf Basis einer Punktwolke
- Erzeugung von Modellen auf Basis einer Befliegung oder Befahrung
- Grundlagen- und Aufbauschulungen in Autodesk AutoCAD, Revit, Civil 3D und InfraWorks
- Erstellung von Bauteilfamilien in Autodesk Revit
- Spezialschulung zur Arbeit mit IFC-Dateien
- Grundlagen und Kollisionsermittlung in Autodesk Navisworks

Darüber hinaus bieten wir ein abgestimmtes BIM-Schulungskonzept an. Sie haben die Möglichkeit in der BIM-Grundlagenschulung Basiswissen aufzubauen und durch die BIM-Autor Schulung, BIM-Koordinator Schulung oder BIM-Manager Schulung Ihre Kenntnisse und Fähigkeiten zu vertiefen. Im Anschluss an diese Schulungen können Sie Online-Prüfungen ablegen und so international anerkannte Zertifikate erhalten. Als zertifizierter Weiterbildungsträger von buildingSMART und dem VDI halten wir uns an die nationalen und international vereinheitlichten Schulungsinhalte.



Die NTI Deutschland GmbH unterstützt Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmen rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen, praxisnahe Schulungen sowie BIM-Beratung.

#### Eigenschaften

<b>Art der Dienstleistung</b>	Beratung, Schulung, Einstieg, Modellierung
<b>Anwendungsfelder</b>	Bauen im Bestand, Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau, Bauausführung, Monitoring u. a.
<b>Zielgruppe</b>	Vermessungs- und Planungsbüros sowie ausführende Betriebe
<b>Voraussetzungen</b>	keine
<b>Referenzprojekte</b>	Matthäi Bauunternehmen GmbH & Co. KG

#### Kontaktinformation

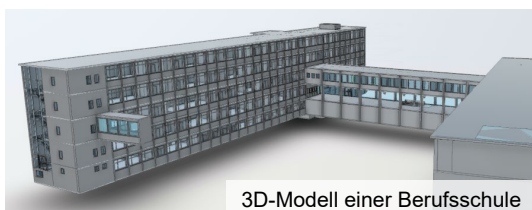
Kristina Kroner (krkr@nti-group.com), NTI Deutschland GmbH

## 5.2.10 Lumoview – 3D-Bestandserfassung in 2 Sekunden pro Raum

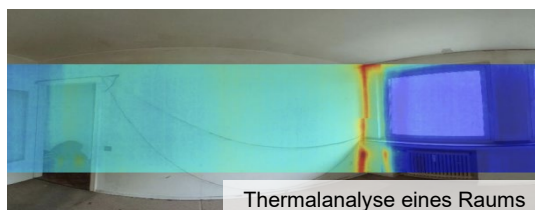
### Kurzbeschreibung

Die Lumoview Building Analytics GmbH ist ein Kölner Spin-off des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) und wurde Anfang 2019 von Dr.-Ing. Arne Tiddens, Dr.-Ing. Silvan Siegrist und Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernhard Hoffschmidt gegründet. Mit der Vision, mithilfe von modernster Messtechnik Gebäude in Rekordzeit einfach erfassen und analysieren zu können, bietet Lumoview ein Dienstleistungsangebot für Immobilienbestandshalter an. Der selbstentwickelte LumoScanner erhebt nicht nur geometrische Gebäudedaten, sondern erfasst ebenfalls relevante Thermaldaten, um Gebäude energetisch bewerten zu können. Damit ermöglicht Lumoview ihren Kund:innen, Entscheidungen zu ihren Immobilien komfortabler, schneller und fundierter zu treffen.

Mithilfe einer Raumrekonstruktion durch Künstliche Intelligenz und Laser-Distanzmessungen erfasst der LumoScanner innerhalb von 2 Sekunden einen Raum. Für die Messung muss kein/e Expert:in vor Ort sein. In der Cloud entsteht dann hochgradig automatisiert ein „As-Built-Modell“ im IFC-Format. Damit liefert Lumoview exakte Grundrisspläne und 3D-Modelle deutlich schneller als bei einem herkömmlichen, manuellen Aufmaß oder einem Aufmaß mit einer Punktwolke. Zusätzlich generiert das Messsystem mit einer optischen Rundum-Kamera ein Panoramabild des Raums für virtuelle Rundgänge und identifiziert mit Infrarot-Sensoren Wärme- bzw. Kältebrücken und weitere bauliche Mängel. Die auf diese Weise erfassten Daten lassen sich nahtlos in die digitalen Gebäudemanagement-Plattformen (BIM, CAFM, ERP) der Kund:innen integrieren.



3D-Modell einer Berufsschule



Thermalanalyse eines Raums

### Eigenschaften

<b>Art der Dienstleistung</b>	Als Self-Service oder All-Inclusive, sekundenschnelle digitale geometrische und energetische Erfassung von Gebäuden durch ein handgetragenes Messsystem, Datenaufbereitung in einer cloud-basierten Anwendung, Erstellung von 3D-Modellen (IFC), 2D-Grundrissen (DWG), Analysen von Temperaturanomalien an den Wänden sowie digitalen Raumbüchern und Mengengerüsten.
<b>Anwendungsfelder</b>	3D-Bestandserfassung, As-Built-Dokumentation, Scan-to-BIM, Digital Twin, Bauen im Bestand, Hochbau, Innenarchitektur, Facility Management, Datenintegration (CAD/BIM/CAFM), Visualisierung (2D, 3D)
<b>Zielgruppe</b>	Wohnungswirtschaft, Öffentliche Gebäudebesitzer:innen, Büroimmobilienbesitzer:innen
<b>Voraussetzungen</b>	LumoScanner (Leihgerät), internetfähiges Endgerät mit Browser (Smartphone, Tablet, Computer)
<b>Referenzprojekte</b>	<b>Gebäudewirtschaft der Stadt Köln:</b> Erfassung, Grundrisserstellung (PDF) u. 3D-Modellerstellung (IFC) einer Berufsschule mit über 8000 qm. <b>Volkswohnung:</b> Erfassung, Grundrisserstellung (DWG) und 3D-Modellerstellung (IFC) von über 20 Wohnungen <b>Covestro:</b> Erfassung u. Grundriss-Erstellung (DWG) eines Bürogebäudes

### Kontaktinformationen

Dr.-Ing. Silvan Siegrist ([Silvan.Siegrist@lumoview.com](mailto:Silvan.Siegrist@lumoview.com)), [www.lumoview.com](http://www.lumoview.com)



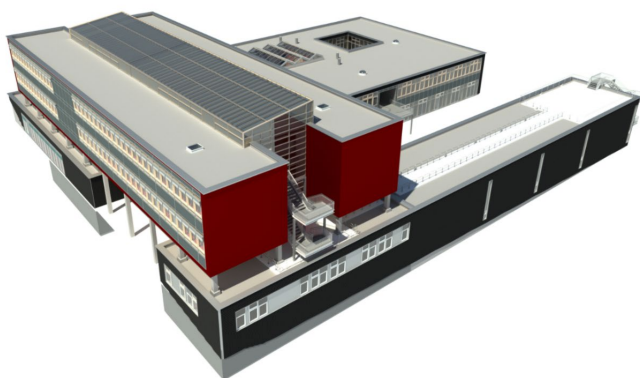
### 5.2.11 Modellierung von BIM-Modellen

#### Kurzbeschreibung

Wir, die Wuttke Ingenieure, sind ein familiengeführtes Unternehmen, spezialisiert auf die Verarbeitung raumbezogener Daten. Mit unseren Abteilungen für Ingenieur- und Industrievermessung, Digitale Raumdaten und Building Information Modeling (BIM) unterstützen wir unsere Kunden von der Konzeptphase über die Planung bis hin zur Bauausführung und Bewirtschaftung. Unser Team besteht aus erfahrenen Vermessungs- und Bauingenieuren, Architekten sowie BIM-Managern und -Koordinatoren.

Wir erstellen BIM-Modelle basierend auf übergebenen Plänen („2D-to-BIM“) oder unseren eigenen präzisen Messungen („Scan-to-BIM“) und modellieren Fachmodelle in den Bereichen Architektur, Tragwerksplanung, TGA und Infrastruktur. Mit über 15 Jahren Erfahrung in der Architekturvermessung setzen wir modernste Technologien ein, darunter der Mobile Laserscanner VLX von NavVis, der Terrestrische Laserscanner Leica RTC360 und DJI-Drohnen. Diese Hightech-Lösungen ermöglichen es uns, den Bestand präzise in einen digitalen Zwilling zu überführen.

Unsere BIM-Modelle, erstellt von erfahrenen Architekten und Bauingenieuren, gewährleisten



höchste Qualität. Jedes Modell wird individuell auf die Vorgaben des Kunden zugeschnitten und nahtlos in den BIM-Prozess integriert. Besonders bei der Scan-to-BIM-Methode überprüfen wir streng die Modellierungsgenauigkeit, um eine exakte Übereinstimmung mit der Punktwolke sicherzustellen. Wir liefern ausschließlich qualitätsgeprüfte BIM-Modelle, die den Modellierungsvorschriften und dem vereinbarten

Level of Information Need (LOIN) entsprechen. Zudem bieten wir Baufortschrittskontrollen und As-Built-Dokumentationen mittels Laserscanning an, um den Bauzustand präzise zu erfassen und zu dokumentieren. Ein cloudbasierter Punktwolkenviewer ermöglicht eine standortunabhängige Navigation, durch den erfassten Bestand oder die Baustelle.

Für eine persönliche Beratung und individuelle Lösungen für Ihr BIM-Projekt nehmen Sie gerne über <https://www.wuttke-ingenieure.de/kontakt> Kontakt mit uns auf. Unsere BIM-Spezialisten erarbeiten mit Ihnen eine individuelle Lösung für Ihre Projektanforderungen. Eigenschaften

<b>Art der Dienstleistung</b>	Modellierung von BIM-Modellen auf Grundlagen von Laserscanning (Scan-to-BIM) oder 2D-Plänen (2D-to-BIM)
<b>Anwendungsfelder</b>	u. a. Bauen im Bestand, Planungsgrundlage im Hoch- und Tiefbau, Visualisierung von BIM-Modellen
<b>Zielgruppe</b>	BTB, BTC
<b>Referenzprojekte</b>	<a href="https://www.wuttke-ingenieure.de/referenzen">https://www.wuttke-ingenieure.de/referenzen</a>

#### Kontaktinformationen

Oliver Wuttke ([oliver.wuttke@wuttke-ingenieure.de](mailto:oliver.wuttke@wuttke-ingenieure.de))  
Wuttke Ingenieure GmbH

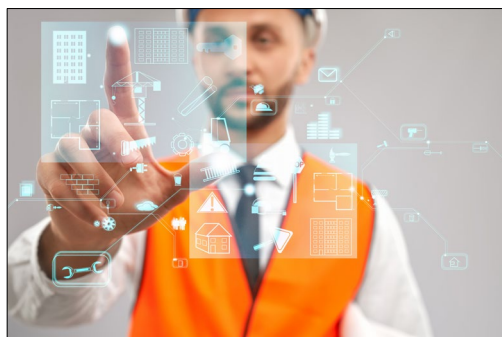
**wuttke**  
ingenieure

## 5.2.12 BIM: Besondere Haftungsfragen mit Blick auf „KI“ +

### Kurzbeschreibung

Vermessungsingenieur:innen stellen mit ihrer Arbeit die Basis für erfolgreiche BIM-Projekte zur Verfügung. Jedoch: Die BIM-Methode ist (noch) nicht im Berufsbild von Vermessungsingenieur:innen verankert – und damit auch nicht automatisch durch jede Berufshaftpflichtversicherung abgedeckt. Darüber hinaus droht u. Umständen eine „gesamtschuldnerische Haftung“, bei der Vermessungsingenieur:innen für Fehler anderer am BIM-Projekt Beteiligten anteilig haften, auch wenn im Rahmen der geodätischen Aufgaben keine Fehler gemacht wurden. Es empfiehlt sich daher, zum einen die eigene Berufshaftpflichtversicherung auf die Mitversicherung von BIM-Leistungen zu überprüfen und ggf. mit individuellen Sondervereinbarungen zu ergänzen. Für BIM-Koordinator:innen oder BIM-Manager:innen kann eine zusätzliche IT-Haftpflichtversicherung wichtig sein. Im für Vermessungsingenieur:innen entwickelten Versicherungspackage „GeoInsurance®“ (www.geoinsurance.de) der pisa Versicherungsmakler GmbH ist die Haftung im Zusammenhang mit BIM-Projekten voll mitversichert.

Für Vermessungsingenieur:innen wachsen im Zusammenhang mit „KI“ neue Chancen, aber auch Herausforderungen heran. Die „KI“ wird künftig (via Drohnen) die Messungen vor Ort vornehmen, die Messpunkte sinnvoll zuordnen und Punktwolken auswerten. Freilich bedarf es weiterhin den Vermessungsingenieur:innen als Fachleute, die zum einen festlegen, was vermessen werden soll, zum anderen die durch „KI“ ausgewerteten Punktwolken gegenprüfen. Dieser Plausibilitätscheck ist nicht zu unterschätzen, denn die (amtlich bestellten) Vermessungsingenieur:innen haften auch beim Einsatz von „KI“ (wie beim Einsatz einer Software) dennoch für die Resultate. „KI“ bedeutet für Vermessungsingenieur:innen (die sich damit mehr denn je als BIM-Koordinator:innen oder BIM-Manager:innen anbieten) nicht nur Chancen, sondern auch ein Plus an Haftungsfragen sowie auch ein (generell bei BIM-Projekten latent vorhandenes) zusätzliches, stark erhöhtes Risiko von Cybercrime-Attacken.



### Eigenschaften

<b>Art der Dienstleistung</b>	Fachversicherungsmakler für Vermessungsingenieur:innen
<b>Anwendungsfelder</b>	GeoInsurance® (Versicherungspackage für Vermessungsingenieur:innen) Cyber-Versicherung D & O-Versicherung Gruppen-Unfallversicherung betriebliches Vorsorgemanagement
<b>Zielgruppe</b>	Vermessungsingenieur:innen

### Kontaktinformationen

Daniel Jerlich (dj@pisa-versicherungsmakler.de), pisa Versicherungsmakler GmbH



## 6 Zusammenfassung und Ausblick

*Beitrag von Andreas Donaubaue und Christian Clemen*

### 6.1 Zusammenfassung

Der Leitfaden Geodäsie und BIM in der Version 4.0 (2024) wurde in diesem Jahr einer grundlegenden Revision der Praxisbeiträge unterzogen. Aufgrund der ungebremsten Mitwirkung und der Einreichung aktueller praktischer Projektberichte der Kolleginnen und Kollegen aus Unternehmen, der Verwaltung und der Hochschulen sind in dieser Version erstmalig Beiträge der ersten Ausgaben in ein digitales Repositorium umgezogen. Mittels QR-Codes und klickbaren Links sind diese Beiträge weiterhin erreichbar. Somit hat der aktuelle Leitfaden Platz für 17 brandneue und spannende Projektberichte im Themenbereich Geodäsie und BIM.

Die ungebremste Nachfrage mit Downloadzahlen von mehreren zehntausendmal sowie Google-Treffern und Zitationen von über eintausendmal bestätigen den anhaltenden Bedarf an Informationen, Inspirationen und konkreten Handlungsempfehlungen zu BIM und deren Umsetzung in der Praxis. Seit 2020 ist neben der kostenfreien Downloadversion auch die Bestellung der jeweils aktuellen Version als Print-on-Demand in gedruckter Form möglich.

Nach einer Einführung werden in Kapitel 2 die Grundlagen zur Methode BIM und ihr Bezug zur Geodäsie gelegt. Dabei werden die allgemeine Modellierung von Bauwerken, BIM für den Infrastrukturbau, CAD-GIS-BIM, Ingenieurvermessung und BIM, rechtliche Aspekte sowie BIM-Management und Prozesse thematisiert.

Der einführende Beitrag von Blankenbach, Clemen und Becker legt die Grundlagen zum Informationsmanagement nach der BIM-Methode. Die Autoren gehen dabei auf BIM-Anwendungsfälle ein und geben einen ersten Überblick über die Bauwerksmodellierung in BIM.

Mit dem Beitrag „Prozesse und Management“ führen Clemen et al. zunächst anhand der Norm ISO 19650 in das Informationsmanagement nach der BIM-Methode ein. Darauf aufbauend werden grundlegende Begriffe des BIM-Managements eingeführt und den Leistungen des Geodäten zugeordnet. Zentrale Themen sind dabei der Aufbau und das Management der gemeinsamen Datenumgebung (Common Data Environment, CDE) – wobei besonders auf die aktuelle DIN SPEC 91391 eingegangen wird – sowie die Spezifikation von Prozessen und Datenübergaben. Kritisch sehen die Autoren dabei unter anderem die Übernahme von Standards für das BIM-Management aus Großbritannien und den USA, da diese nicht 1:1 auf die Situation in Deutschland übertragbar seien und teilweise sogar dem deutschen Vergabe- und Vertragsrecht widersprüchlich. Der Beitrag schließt mit einem Appell an GIS-Experten und Geodäten, die nach Meinung der Autoren mit ihrem Fachwissen eine führende Rolle bei der Einführung übernehmen und ihr Wissen und ihre Kompetenzen bei der Ausgestaltung von BIM-Richtlinien und Standards einbringen sollten.

Der folgende Beitrag von Borrmann setzt den Fokus auf den Infrastrukturbau. Hierbei werden die Unterschiede zum Hochbau herausgearbeitet, bevor kurz die Aktivitäten des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur sowie strategische Entwicklungen großer Vorhabenträger im Bereich Infrastrukturbau skizziert werden. Daran schließt sich ein Überblick zum Stand der IFC-Erweiterungen für den Bereich Infrastrukturbau an.

Hüttner ergänzt die Ausführungen zur BIM-Methode für den Infrastrukturbau mit einem Bericht über die Aktivitäten der Fachgruppe „BIM-Verkehrswege“ des buildingSMART Deutschland e. V.

Das Kapitel 2.2 ist mit der Georeferenzierung einer wichtigen Thematik im Bereich Geodäsie und BIM gewidmet, die bei der praktischen Umsetzung der BIM-Methode immer wieder zu Missverständ-

nissen in der Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten führt. Clemen et al. befassen sich umfassend mit der Thematik der Georeferenzierung auf mathematischer, pragmatischer sowie Software- und Datenaustauschebene.

Die bisherigen Entwicklungslinien von CAD und GIS sowie deren Gemeinsamkeiten und Unterschiede inklusive ihrer jeweiligen Bezüge zur Methode BIM erläutern Donaubauer et al. im Kapitel 2.3 „CAD, BIM und GIS – digitale Modelle der gebauten Umwelt“. Als wesentliche Unterscheidungsmerkmale zwischen den digitalen Modellen aus dem BIM- und dem GIS-Bereich werden das grundlegende Modellierungsparadigma, der Skalenbereich (Ausdehnungsbereich) und Inhalt, der Detaillierungsgrad, die Geometrierepräsentation, die Georeferenzierung und die verfügbaren standardisierten Informationsmodelle herausgearbeitet. Darüber hinaus wird ein Überblick über in Deutschland verfügbare Geobasis- und Geofachdaten und deren Bezug zu BIM gegeben. Der Beitrag wird abgerundet durch einen Überblick über Konzepte zur BIM-GIS-Integration.

Die Veränderungen in der Ingenieurvermessung durch die zunehmende Einführung von BIM thematisieren Becker et al. im Kapitel 2.4. Dabei werden die Aufgaben der Ingenieurvermessung jeweils mit Bezug zur BIM-Methode und gegliedert in planungsbegleitende und baubegleitende Vermessungen sowie Aufgaben beim Betrieb und der Unterhaltung von Bauwerken beschrieben. Die Autoren setzen sich dabei kritisch mit Konzepten aus der BIM-Standardisierung auseinander und beschreiben, wie diese aus geodätischer Sicht weiterentwickelt werden sollten. So wird beispielsweise angemerkt, dass die üblichen Level-of-Development-(LOD-)Abstufungen für die Bestandserfassung mit geodätischen Methoden nicht optimal geeignet sind, da die Modellierung nicht sichtbarer Elemente aus dem geodätischen Aufmaß in der Regel nicht möglich ist. Als zentrale Aussage der Autoren ergibt sich, dass die Aufgaben des Geodäten zukünftig um das BIM-basierte Management georeferenzierter Daten erweitert werden und für eine nahtlosere, modellgerechte Übertragung von Daten zwischen geodätisch referenzierten Systemen und der kartesischen BIM-Welt noch weitere Entwicklungen zu leisten sind.

Eschenbach stellt im Kapitel 2.5 rechtliche Auswirkungen des Einsatzes der BIM-Methode auf vermessungstechnische Leistungen dar. Er widmet sich den Themen Leistungspflichten, Vergütung, Haftung und Schutz des geistigen Eigentums. Sein Fazit ist, dass die BIM-Planungsmethode für den Geodäten keine gänzlich neuen rechtlichen Rahmenbedingungen mit sich bringt, weist aber darauf hin, dass Auftraggeber die Ergebnisse von Vermessungen „BIM-fähig“, d. h., über die IFC-Schnittstelle verlangen werden, ohne dass hierdurch ohne Weiteres ein Honorarzuschlag abgeleitet werden kann. Eschenbach warnt zudem vor Haftungsgefahren für den Fall, dass z. B. für die Lieferung von as-built-Modellen die Informationstiefe nicht genau spezifiziert wurde.

In Kapitel 2.6 werden mit den Themen „3D-Lageplan zum Baugesuch“ und „Verlinkte Datencontainer für die Datenübergabe“ zwei aktuelle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten aus der Schnittmenge Geodäsie und BIM beschrieben, sowie ein vom Arbeitskreis 3 „BIM“ des DVW entwickelter Vorschlag für Lehrinhalte „Geodäsie und BIM“ vorgestellt.

Donaubauer et al. beschreiben im Kapitel 2.7 mit IFC, CityGML und XPlanung drei wichtige standardisierte Datenmodelle für die Repräsentation von Informationen im BIM-Prozess. Die Ausführungen zu IFC zeigen, dass der ursprünglich auf den Hochbau ausgelegte Standard mittlerweile auch eine starke Unterstützung für den Infrastrukturbau bietet. Den Ausführungen zu CityGML belegen die voranschreitende Harmonisierung der Standards aus den Bereichen BIM und Urban Information Modeling. So zeigen die Autoren, dass die 2021 verabschiedete Version 3.0 des internationalen Standards CityGML eine Vielzahl an Konzepten bereitstellt, um IFC- und CityGML-Modelle einfacher ineinander überführen zu können.

Kapitel 3 gibt anhand konkreter Praxisbeispiele Einblicke in die Anwendung der BIM-Methode. Dabei zeigen zweiundzwanzig Beispiele aus dem Bereich der Ingenieurvermessung, neun Beiträge zur BIM- und GIS-Integration sowie ein Ansatz zum BIM-Prozess und -Management, wie ein konkreter

praktischer Einsatz aussieht. Zwanzig weitere Praxisbeispiele aus früheren Versionen des Leitfadens stehen in einem digitalen Archiv unter der folgenden Adresse zur Verfügung: <https://katalog.rundertischgjs.de/dataset/relationship/leitfaden-geodasie-und-bim-beitragsarchiv>).

In den beschriebenen Projekten der Ingenieurvermessung (Kapitel 3.1) stehen die Aspekte der Datenerhebung, Georeferenzierung und die 3D-Bestandsmodellierung komplexer Bauwerke für die BIM Methode im Vordergrund. Die Autoren zeigen mit zahlreichen Beispielen, vornehmlich aus den Bereichen der Verkehrsinfrastruktur, Hochbau im Bestand und Denkmalpflege, welche Rolle die Ingenieurvermessung in BIM Projekten einnimmt.

Damit die Vorteile von BIM auch für Bestandsgebäude zum Tragen kommen, braucht es eine solide Datenbasis. Hier setzt der Praxisbericht von Hellmann an, in dem er den Workflow von der 3D-Erfassung, über die Vorverarbeitung, die Interpretation und Modellierung bis zur Integration der Daten in eine BIM-fähige Software beschreibt sowie durch das Praxisbeispiel der Kathedrale Notre-Dame de Paris illustriert.

Der Beitrag von Völter „Bestandsdokumentation für die BIM-orientierte Entwurfsplanung“ diskutiert zahlreiche Aspekte der BIM Modellierung anhand eines Bauwerksmodells des Bahnhofs Metzingen. Im Rahmen der Bestandsaufnahme und Bestandsdokumentation für die (ehemals) DB Station & Service werden die Aspekte Georeferenzierung und Gleisgeometrie im BIM diskutiert. Wenn es um die Klassifikation und Attributierung der Bauteile im Zuge der Bestandsmodellierung geht, warnt der Beitrag vor zu umfangreichen Objektvorlagen und spricht sich stattdessen für sinnvolle Vereinfachungen durch Abstraktion aus.

In Form eines Interviews präsentieren Lämmel und Göthner die praktische Einführung der BIM Methode im Ingenieurbüro. Sie zeigen, welche Softwaretypen und Schulungen dafür notwendig sind und welche Managementstandards praktisch gelebt werden müssen. Der Beitrag wird durch kurze Darstellung eines geologischen Schichtmodells abgerundet.

Der Praxisbeitrag von Pavlova und Heine vergleicht vier verschiedene Softwareprodukte als Aufsatz für Revit bei der Geometrieüberprüfung einer Schleusenkammer. Dabei wurde der as-built Zustand einem as-planned Modell gegenübergestellt und die Abweichungen ermittelt und visualisiert.

Pläß und Klauer erläutern einen neuen Ansatz zur strukturierten Datenerfassung für as-built Indoor-Modelle. Dabei wird auf Basis des Apple-Pro-Portfolios mit LiDAR-Sensorik Indoor-Szenen erfasst und mithilfe des Augmented-Reality-(AR-) Frameworks ARKit 5 von Apple Inc. prozessiert. Derzeit werden acht Klassen, wie Boden oder Stuhl automatisch klassifiziert.

Das von Tschickardt vorgestellte Projekt „Verfügbarkeitsmodell A10/A24“ handelt es sich um das erste Projekt, bei dem Planung, Ausführung und Erhaltung mit BIM aus einer Hand erfolgen. Es wird gezeigt wie vielseitig die Anforderungen an die gemeinsame Datenumgebung (CDE) sind und wie wichtig die Einbeziehung der Softwareanbieter bereits beim Aufstellen der AIA und BAP sind.

Mit dem Praxisbeispiel „Geodätischer Raumbezug der Eisenbahn-Infrastruktur“ beschreiben Reifenhäuser und Wunderlich die Vorgehensweise der DB Netz AG, um die homogene und maßstabsgerechte Integration von BIM-Modellen aus dem gesamten Gebiet der Bundesrepublik Deutschland sicherzustellen. Als Grundlage wurde hierzu festgelegt, dass die geozentrischen, kartesischen Koordinaten im ETRS89 als geodätisches Bezugssystem für alle BIM-Modelle der Eisenbahninfrastruktur anzuwenden ist.

Kaden befasst sich in seinem Beitrag mit Scan2BIM. Er vergleicht am Beispiel einer modernen Stadtvilla und eines historischen Klosters die BIM-Autorensoftware Revit (mit Plug-in As-built von Faro) und Allplan (mit Plug-in Scalypso) für die Modellierung von Bestandsgebäuden aus Punktwolken. Das Ziel war jeweils, ein BIM-Modell mit einem geometrischen Detaillierungsgrad LOG 300 und einem alphanummerischen Reifegrad LOI 200 zu erstellen. Abschließend zieht er ein Fazit zur Modellerstellung und Wirtschaftlichkeit.

In einem weiteren Praxisbeispiel aus dem Gebiet BIM in der Ingenieurvermessung beschreibt Schmaus Vermessungsarbeiten im Rahmen eines BIM-Projekts für die Deutsche Bahn. Sie geht dabei sowohl auf die Bestandsaufnahme, die unter anderem mit einem Gleismesswagen durchgeführt wird, als auch auf die 3D-Modellierung mit einer Trassierungssoftware ein.

Ebenfalls im Kontext der Verkehrsinfrastruktur berichten Müller, Götzl und Conz von einem BIM Projekt der Berliner S-Bahn. Dabei adressieren Sie die Vermessung und Modellierung aber auch die Integration weiterer Geodaten in das BIM Projekt sowie die Bereitstellung der detaillierten Bestandsmodelle im 3D-WebGIS.

Pilhatsch, Dude und Rauh schildern Ihre Lösungsstrategien für das As-is-Grundlagenmodells im Projekt „Factory Campus“ in Düsseldorf. Neben der technisch Belastbaren Laserscanning und der komplexen 3D-Modellierung werden auch Aspekte der Modellkompression, Modellqualität und Kommunikation mit den Fachgewerken adressiert.

Am Beispiel Ausbaustrecke Hagen-Siegen-Hanau zeigen Lago und Dechira wie BIM-Fachmodelle in der Eisenbahn Infrastruktur gegliedert, parametrisch modelliert und koordiniert werden. Sie gehen dabei besonders auf die Kollisionsanalyse mit Bestandsmodellen der Ingenieurvermessung ein.

Aus dem Netzwerk BIM.Ruhr ist ein Pilotprojekt „Drewer Brücke“ entstanden, von dem Zimmermann, Mikulane und Straßenmeyer berichten. Die Autoren zeigen unter anderem, wie Modell und Punktwolke verglichen wurden und wie die Erfahrungen im Forschungsnetzwerk kommuniziert wurden.

Becker und Sturfels zeigen am Beispiel einer „Vorabmaßnahme Medienkanal“ wie Bundesbauvorhaben mit BIM umgesetzt werden und welchen Beitrag die Ingenieurvermessung mit der Erstellung des Geländemodells und der Modellierung der Bauwerke für das „Bauen im Bestand“ leistet.

Von der baubegleitenden Vermessung am Münchner Flughafen berichten Haller und Rust. Hier geht es darum die Einhaltung von Bautoleranzen und die Lage von Durchbrüchen zu prüfen, damit aufwendige Nacharbeiten gar nicht erst erforderlich werden. Die Autoren zeigen, dass mit mobilem Mapping ein Abbild der Baustelle sehr schnell erstellt werden und online mit der Planung verglichen werden kann.

Ebenfalls aus München berichtet Teichmann von einem BIM Projekt an der Eisenbahnüberführung Lindwurmstraße. Es wird gezeigt wie verschiedenen Messmethoden und Geodaten gemeinsam die Grundlage für das Bestandmodell in unterschiedlichen Granularitätsstufen bilden.

Das BIM auch für denkmalgeschützte historische Gebäude funktioniert zeigen Stenz, Genz und Krause. Dabei gehen sie zunächst auf den Workflow von der Datenerfassung zur Modellierung ein. Die Autoren zeigen dann, wie Sie diese Vorgehensweise auch in der Aus- und Weiterbildung einsetzen.

Wuttke und Streicher zeigen ebenfalls an einem eindrucksvollen Beispiel, dem Schloss Rochsburg, wie ein historisches Bauwerk in BIM modelliert werden kann. Die Autoren zeigen, dass Festpunktfeld und mobiles Scanning eine zuverlässige Planungsgrundlage für die Sanierung und den Umbau historischer Gebäude sein kein.

3D Scanning und der Einsatz vom Smartphone sind auch für Poliere, Abrechner und Bauleiter wichtige Werkzeuge. Das zeigen Werner und Schlei am Beispiel der Leitungsdokumentation im Zuge des Ausbaus des Fernwärmenetzes in München. Das Messen am „offenen Graben“ kann direkt in die digitale Prozesskette eingespielt werden, so, dass eine tagesaktuelle Leistungsdokumentation vorliegt.

Wolf zeigt am Beispiel des BIM Modells Wespenstein in Gräfenthal, dass ein zentrales Problem im historischen Bestand ist, dass Wände oft weder eben noch gleichmäßig sind. Wolf setzte deswegen spezielle Plugins für die Modellierung der Begrenzungsflächen ein und überführt diese in das IFC Datenmodell.

Smolka diskutiert die maßgeblichen Rahmenbedingungen in einem BIM Projekt am Beispiel einer Brandschutzsanierung einer Schule. Mittels mobilem Laserscanning wurde der Bestand erfasst. Spezielle Anforderungen ergaben sich aus der bautechnischen Kombination, zum Beispiel von Stützen und Unterzügen.

Im letzten Beitrag aus dem Bereich Ingenieurvermessung diskutiert Sörensen die Einteilung von Vermessungsergebnissen für die Bestandsdokumentation in Qualitätsstufe. Dabei geht er im Besonderen auf die Freiformflächenmodellierung in open BIM Projekten ein. Er ordnet die Qualitätsstufen der allgemeinen BIM Methode zu. Der Beitrag wird durch ein Praxisbeispiel der ehemaligen Knorr Bremse Werke in Berlin Friedrichshain abgerundet.

Die Praxisbeispiele aus dem Bereich BIM-GIS-Integration (Kapitel 3.2) zeigen eine Reihe technischer Möglichkeiten sowie verfügbare Datengrundlagen aus dem GIS-Bereich und geben einen Einblick in das Anwendungspotenzial, das durch eine derartige Integration entsteht.

Im Beispiel „3D- und VR-Visualisierungen vereinfachen die (Zusammen-)Arbeit“ wird von Reuters die Nutzung von Virtual-Reality-Technologien auf der Grundlage von dreidimensionalen Daten aus GIS und BIM aufgezeigt. Der Autor zieht den Schluss, dass durch die dreidimensionale Modellierung, die mit der Einführung von BIM einhergeht, ohne wesentlichen Mehraufwand eine neue Möglichkeit zur Visualisierung der Planung und zur Kommunikation mit den Projektbeteiligten geschaffen wird. Am Beispiel einer Kanalplanung beschreibt er, wie mittels 3D- und VR-Visualisierung Planungsfehler und Fehlinterpretationen vermieden werden können.

Im Beitrag „Digitale Geodaten – Gold des 21. Jahrhunderts nutzen“ von Reuters hat die Verwendung von Geobasis- und Geofachdaten im BIM-Prozess zum Thema. Am Beispiel des Datenangebots des Landes Thüringen beschreibt der Autor Nutzungsmöglichkeiten im BIM-Prozess für Datenprodukte wie Orthophotos, topographische Karten, Höhendaten, klassifiziertes Straßennetz, Schutzgebiete, Kataster und 3D-Gebäude sowie die kombinierte Visualisierung dieser Daten in einer Tiefbausoftware.

Anhand eines konkreten Projekts aus der Infrastrukturplanung zeigen Gnädinger et al. in ihrem Beitrag auf, wie mittels aktuell zur Verfügung stehender GIS- und BIM-Software und einer Common Data Environment (CDE) eine Integration von Ingenieur- und Landschaftsplanung erfolgen kann.

Ein weiteres Praxisbeispiel aus dem Bereich der Infrastrukturplanung wird von Hermann beschrieben. Der Beitrag zeigt, wie eine Verknüpfung von BIM, GIS und Life Cycle Assessment (LCA) eine

automatisierte Erstellung und räumliche Visualisierung einer Ökobilanz zur Bewertung der ökologischen Qualität von Planungen genutzt werden kann.

Anhand von Projekten der DB InfraGO AG beschreibt Max in seinem Beitrag die große Bedeutung des gemeinsamen Raumbezugs in Lage und Höhe bei der Harmonisierung von Geobasis-, Vermessungs- und BIM-Daten. Insbesondere geht der Autor auf die Probleme ein, die sich aus der Verwendung unterschiedlicher Koordinatenreferenzsysteme für großräumig ausgedehnte Infrastrukturprojekte und Projekte mit geringer Ausdehnung wie Gebäude und Ingenieurbauwerke ergeben.

Am Beispiel der BIM-Einführung im Tiefbauamt des Kantons Basel-Stadt beschreiben Reyer et al. die Nutzung von Information Delivery Manuals (IDM) als geeignete Methodik. Vor dem Hintergrund ihrer Erfahrungen plädieren die Autoren für eine BIM-Einführung in kleinen Schritten, die jeweils für die Nutzer eine spürbare Entlastung durch die Digitalisierung führen.

Pache und Hochmuth liefern mit ihrem Beitrag ein weiteres Praxisbeispiel aus dem Infrastrukturbau. In der Integration von BIM und GIS in Infrastrukturprojekten sehen die Autoren eine Reihe von Vorteilen. So ermöglicht die Integration eine umfassende, georeferenzierte Planung und verbessert die Entscheidungsfindung, indem Bestandsdaten und Planungsmodelle effizient kombiniert werden. Diese Integration fördert die Kollaboration, Nachhaltigkeit und Transparenz in allen Projektphasen und bietet langfristig Vorteile wie die Erstellung eines digitalen Zwillings, der auch für den Betrieb und die Wartung genutzt werden kann.

Das Praxisbeispiel von Goetzel et al. befasst sich mit der BIM-GIS-Integration für bestehende Bauwerke, im konkreten Fall ein Werksgelände und beschreibt einen kompletten Workflow von der Datenerfassung mithilfe eines mobilen Multisensorsystems über die Erstellung von 3D-Bauwerksmodellen bis zur Integration in ein GIS-basiertes System zur Implementierung einer Echtzeit-Tracking-Anwendung für Objekte wie Transportbehälter, wodurch die betriebliche Effizienz und Sicherheit verbessert werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Mehrheit der Autoren aus dem GIS-Bereich mittlerweile über tatsächliche Erfahrungen aus der Praxis berichten kann, während in früheren Versionen des Leitfadens hauptsächlich Pilot- und Forschungsprojekte thematisiert wurden. Die Kombination von Geodaten und GIS mit BIM ermöglicht eine präzisere und nachhaltigere Planung, besonders im Infrastrukturbereich. Das oben beschriebene Beispiel von Goetzel et al. zeigt jedoch auch Anwendungspotenziale für bestehende Bauwerke.

Neben den Themen „BIM in der Ingenieurvermessung“ und „Integration von BIM und GIS“ enthält dieser Leitfaden mit den Ausführungen von Banemann et al. auch einen Beitrag, der sich dem Thema „BIM-Prozesse und Management“ aus Sicht der Praxis widmet. Durch ein Programmmanagement hat sich die Freie und Hansestadt Hamburg auf den Weg gemacht, die BIM-Methode über ein Pilotprojekt voranzutreiben und zu etablieren. Besonders erwähnenswert ist die Tatsache, dass der Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (LGV) eine zentrale Rolle bei der Entwicklung von BIM.Hamburg übernimmt und damit die Potenziale der Geodäsie in der Digitalisierung des Bauwesens sichtbar macht.

Im Kapitel 4 werden fünf Handlungsempfehlungen zum praktischen Umgang mit der Methode BIM gegeben. Der Beitrag von Heuer geht auf die wichtigen Fragen der Georeferenzierung und der Wahl des Bezugssystems ein. Unter dem Titel Arbeiten im „lokalen CRS“ beschreibt er die Erfahrungen aus dem Wasserstraßen-Neubauamt Berlin (WNA), wie mit CRS im Zusammenspiel mit lokalen Koordinatensystemen bei Baumaßnahmen umgegangen werden kann.

Kemper et al. beschreiben in ihrem Beitrag Arbeitsweisen für die Einführung der BIM-Methode im Bereich Ingenieurgeodäsie und Geoinformation in der Straßenbauverwaltung. Anhand der drei Anwendungsfälle Bestandserfassung, Visualisierung und Bauwerksdokumentation werden Arbeitsweisen vorgeschlagen und Verweise auf weiterführende Literatur gegeben – beispielsweise auf das



gerade entstehende FGSV-Wissensdokument zur Verwendung des amtlichen geodätischen Raumbezugs in der Straßenbauverwaltung.

Die Handlungsempfehlung von Messmer mit dem Titel „BIM im Ingenieurbüro – denken wir neu!“ zeigt einen Ansatz, wie BIM in der eigenen Organisation strategisch betrachtet und verankert werden kann. Mit vier Schritten kann ein Veränderungsprozess entwickelt werden, um BIM in kleinen und mittelständischen Unternehmen zu implementieren. Besonders der abschließende Hinweis, dass die so entwickelte BIM-Strategie jährlich neu betrachtet werden sollte und ggf. nach zu justieren ist, zeigt die Dynamik im Kulturwandel sowie die Bedeutung für eine intensive Auseinandersetzung mit den angestoßenen Veränderungen.

Im vierten Beitrag von Kaiser et al. wird das quelloffene Plug-in City2BIM für Revit vorgestellt, das wichtige Funktionen und Datenquellen, wie Georeferenzierung, Geländemodelle, ALKIS-Bestandsdaten, 3D-Stadtmodelle, Planungs- und CAD-Dateien, besser in den Planungsprozess integriert.

Der letzte Beitrag in den Handlungsempfehlungen von Schröder et al. widmet sich den Digitalen Geländemodellen und ihrem standardkonformen openBIM-Austausch. Hierzu wurde das Tool Ifc-Terrain entwickelt, das die Konvertierung von vorhandenen DGM-Eingangsdaten in das IFC-Format mittels eines konfigurierbaren Tools ermöglicht.

Kapitel 5 gibt eine Software- und Dienstleistungsübersicht anhand von vorgegeben Templates. Im Bereich Software sind neunundzwanzig Softwareprodukte nach den Kriterien Kurzbeschreibung, Eigenschaften (Art der Anwendung, Anwendungsfelder, Schnittstellen, Voraussetzungen, Systemarchitektur und Referenzprojekte) und Kontaktinformationen beschrieben. Die vorgestellten Softwareprodukte reichen von großen BIM-Systemen einschließlich spezieller Plug-ins für geodätische Aufgaben bis hin zu kleineren, spezialisierten Produkten, GIS-Software sowie Werkzeuge zur Transformation zwischen BIM- und GIS-Formaten. Im Bereich der Dienstleistungen sind dreizehn Angebote nach den Kriterien Kurzbeschreibung, Eigenschaften (Art der Dienstleistung, Anwendungsfelder, Zielgruppe, Voraussetzungen, Referenzprojekte) und Kontaktinformationen zusammengestellt. Diese umfassen Schulungs- und Qualifizierungsangebote für die BIM-Methode sowie Beratungstätigkeiten und praktische Dienstleistungen.

## 6.2 Ausblick

In den folgenden Jahren wird der Leitfaden Geodäsie und BIM interaktiver werden. Das in dieser Version erstmalig eingeführte Repositorium wird in den kommenden Jahren weiter ausgebaut. Digitale Medien werden zukünftig auch Praxisbeiträge und andere Inhalte ergänzen und erweitern. Sein Sie gespannt oder werden Sie gar Mitautor des Leitfadens mit Beiträgen zu Ihren Erfahrungen anhand konkreter Projekte, Produkte oder Dienstleistungen.

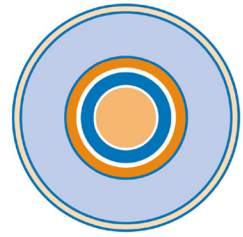
Der Leitfaden Geodäsie und BIM erschien 2017 erstmalig und beschreibt seit dem den Status quo, aber auch die Chancen aus der Sicht der Geodäsie. Im Rückblick der letzten sieben Jahre ist viel Aktivität und Innovation erkennbar. Mit der aktuellen Version zeigt sich, dass die Anzahl der Praxisbeispiele weiter zunimmt und auch das Produktangebot sich stetig erweitert. Die Digitalisierung der Bauwirtschaft ist in vollem Gang und wird auch zukünftig neue Impulse für den Leitfaden Geodäsie und BIM liefern.

Mit der Rubrik Handlungsempfehlungen gibt der Leitfaden konkrete Hinweise für Praktiker. Hier sind weitere Beiträge in den nächsten Versionen zu erwarten.

Durch die Best-Practice-Beispiele im Kapitel 3 und die Software- und Dienstleistungsübersicht im Kapitel 5 ergibt sich ein Einblick in den aktuellen Markt. Die praktischen Beispiele geben Erfahrungen und Vorgehensweisen weiter. Durch die beiden herausgebenden Vereine DVW und Runder Tisch GIS sowie die zahlreichen Herausgeber und Autoren aus Hochschulen, Wirtschaft und Verwaltung wird eine vielfältige Sicht auf diesen dynamischen Markt gewährleistet.

Der Kulturwandel, der durch BIM ausgelöst wird, erfordert allerdings Zeit. Hier sind die Geodäten aufgerufen, sich in die partnerschaftliche Zusammenarbeit einzubringen und die geodätischen Kompetenzen aktiv zu platzieren. Ein Wandel bietet auch immer die Chance mitzugestalten. Diese Chance sollten wir Geodäten ergreifen.

# Profitieren Sie vom Netzwerk: Mitglied werden!

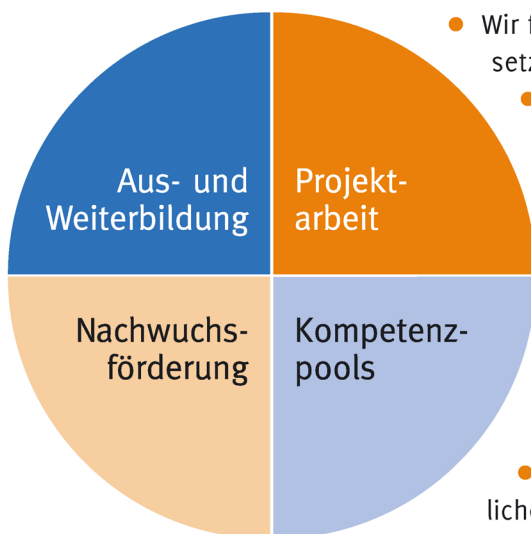


## RUNDER TISCH GIS E.V.

Der Runde Tisch GIS e.V. ist eines der größten ehrenamtlich organisierten Netzwerke zum Thema Geoinformation in Deutschland. Werden Sie ein Teil dieses Netzes – persönlich, als Unternehmen, wissenschaftliche Institution, Gebietskörperschaft, Kommune oder Fachbehörde. Denn all diese Rollen finden sich schon jetzt unter unseren knapp 200 Mitgliedern. Beim Runden Tisch GIS finden Sie Partner für Ihre Projekte, einen breiten Erfahrungsaustausch und vielfältige Kontakte zu zahlreichen Entscheidern in der Geoinformationswirtschaft.

### Die Arbeit des Runden Tisches GIS e.V. ruht auf vier Säulen. Mitglieder können darin eigene Akzente setzen und Mitstreiter für Ihre Interessen finden:

Als Mitglied des Runden Tisches GIS sind Sie stets der erste Ansprechpartner bei unseren zahlreichen Aktivitäten. Sie können das Expertenwissen in unseren Kompetenzpools nutzen und steigern. Ebenso steht Ihnen die Job- und Praktikantenbörse unserer Community zur Verfügung. Und Sie profitieren von den guten Konditionen, die Sie bei unseren Veranstaltungen und Serviceangeboten als Mitglied genießen.



- Wir fördern das Vertrauen der Beteiligten und schaffen die Voraussetzungen für Kooperationen und den offenen Dialog.
  - Wir unterstützen und initiieren Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten.
  - Wir machen die Themen der Branche transparent.
  - Wir beschreiben zukunftsweisende Trends im Umfeld von Geodaten.
  - Wir bringen Anbieter, Anwender und Wissenschaft zusammen.
  - Wir können große Förderprojekte stemmen.
  - Wir fördern den studentischen und wissenschaftlichen Nachwuchs durch Stipendien und Preise.
- Wir verfolgen als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftlichen Eigeninteressen und können deshalb unsere Themen mit einer hohen Glaubwürdigkeit transportieren.

## Das Veranstaltungsprogramm des Runden Tisch GIS e. V.:

- Münchner GI-Runde
- Kommunales GIS-Forum in Neu-Ulm
- Mobiles GIS-Forum in Augsburg
- Frühstücksgespräch mit dem Runden Tisch GIS e.V.
- Geo@Aktuell
- 3D-Forum Lindau
- Weiterbildungskurse

Aktuelle Infos immer unter [www.rundertischgis.de](http://www.rundertischgis.de)

## Ansprechpartner und Autoren

Hier finden Sie eine alphabetische Auflistung aller Autoren und Ansprechpartner, die an diesem Leitfaden mitgewirkt haben. Auf die Beiträge wird mittels der Seitenzahl verwiesen.

### A

Achatz, Marcus:

marcus.achatz@munich-airport.de,  
Flughafen München GmbH, Nordallee  
25, D-85356 München-Flughafen; 245

*Appelt, Dr.-Ing. Veit: info@apluss.de,  
A+S Consult GmbH, Schaufußstraße  
19, D-01277, Dresden; 245*

Averdung, Dr. Christoph:

averdung@supportgis.de, CPA ReDev  
GmbH, Auf dem Seidenberg 3a, D-  
53721 Siegburg; 292

### B

Banemann, Silvia:

silvia.banemann@gv.hamburg.de,  
Landesbetrieb Geoinformation und  
Vermessung Hamburg, Neuenfelder  
Straße 19, D-21109 Hamburg; 247

*Bartnitzek, Dipl.-Math. Jens:  
info@apluss.de, A+S Consult GmbH,  
Schaufußstraße 19, D-01277,  
Dresden; 245*

Becker, Denise: info@tpi-

vermessung.de, TPI  
Vermessungsgesellschaft mbH, Otto-  
Hahn-Straße 46, 63303 Dreieich; 180

Becker, Dr.-Ing. Ralf:

ralf.becker@gia.rwth-aachen.de,  
RWTH Aachen University –  
Geodätisches Institut und Lehrstuhl für  
Bauinformatik &  
Geoinformationssysteme, Mies-van-  
der-Rohe-Straße 1, D-52074 Aachen;  
21, 54, 86, 106, 214

Birkenbeul, Anne-Kathrin:

info@conterra.de, con terra -  
Gesellschaft für Angewandte  
Informationstechnologie mbH, Martin-  
Luther-King-Weg 20, D-48155  
Münster; 286, 309

Blankenbach, Prof. Dr.-Ing. Jörg:

blankenbach@gia.rwth-aachen.de,

RWTH Aachen University –

Geodätisches Institut und Lehrstuhl für  
Bauinformatik &  
Geoinformationssysteme, Mies-van-  
der-Rohe-Str. 1, D-52074 Aachen; 21,  
54

Borgmann, Jelde: jeb@dhochn.com,  
DhochN-Nord Digital Engineering  
GmbH, Infanterieweg 9a, D-26129  
Oldenburg; 214

Borrmann, Prof. Dr.-Ing. André:

andre.borrmann@tum.de, Leonhard  
Obermeyer Center, Technische  
Universität München, Arcisstraße 21,  
D-80333 München; 42, 121

Bösinger, Dr. Rolf: Bundesministerium  
für Wohnen, Stadtentwicklung und  
Bauwesen, Krausenstraße 17 -18  
10117 Berlin; 5

Braun, Markus: mbraun@moss.de,  
M.O.S.S. Computer Grafik Systeme  
GmbH, Hohenbrunner Weg 13, D-  
82024 Taufkirchen; 306

### C

Carstens, Dr. Andreas:

a.carstens@esri.de, Esri Deutschland  
GmbH, Ringstraße 7, D-85402  
Kranzberg; 244

Clemen, Prof. Dr.-Ing. Christian:

christian.clemen@htw-dresden.de,  
HTW Dresden, Fakultät  
Geoinformation, Friedrich-List-Platz 1,  
D-01069 Dresden; 18, 21, 54, 86, 114,  
271, 274, 321

Conz, Sebastian: ARC-GREENLAB

GmbH, Eichenstraße 3b, 12435 Berlin;  
167

### D

de Keijzer, Dipl.-Ing. Stefan:

info@angermeier.de, Angermeier  
Ingenieure GmbH, i\_park Klingholz 16,  
D-97232 Giebelstadt; 213

Donaubauer, Dr. Andreas:  
andreas.donaubauer@tum.de,  
Leonhard Obermeyer Center,  
Technische Universität München,  
Arcisstraße 21, D-80333 München; 69,  
106, 121, 321

Dude, Anett: PILHATSCH INGENIEURE,  
Rüingsdorfer Straße 6, 53173 Bonn;  
170

## E

Ebner, Stefanie:  
stefanie.ebner@mum.de, Mensch und  
Maschine Deutschland GmbH,  
Argelsrieder Feld 5, D-82234  
Wessling; 310

Effkemann, Dipl.-Ing. Christoph:  
effkemann@phocad.de, Phocad  
Ingenieurgesellschaft mbH, Heisterner  
Straße 9, D-52379 Langerwehe; 291,  
313

Egger, B.Sc. Franziska:  
franziska.egger@opb.de, Technische  
Universität München / Obermeyer  
Planen + Beraten GmbH; 244

Ertac, Dr.-Ing. Ozgür: o.ertac@esri.de,  
Esri Deutschland GmbH, Ringstraße 7,  
D-85402 Kranzberg; 285

Eschenbruch, Prof. Dr. jur. Klaus:  
klaus.eschenbruch@kapellmann.de,  
RWTH Aachen / Kapellmann und  
Partner Rechtsanwälte mbB, Stadttor  
1, D-40219 Düsseldorf; 99

## F

Fazelly, Wahid, M.Sc.: vertrieb@card-  
1.com, IB&T Software GmbH, An'n  
Slagboom 51, D-22848, Norderstedt;  
216, 220

Freller, Sebastian: info@psu-schaller.de,  
Prof. Schaller UmweltConsult GmbH -  
PSU, Domagkstraße 1a, D-80807  
München; 244

## G

Genz, Torsten:  
ausbildung@geobusters.de,  
GeoCampus, Triftweg 21 – 26, 16547  
Birkenwerder 190

Geßner, Dipl.-Ing. Nils:  
nils.gessner@opb.de, Obermeyer  
Planen + Beraten GmbH, Hansastraße  
40, D-80686 München; 244

Gnädiger, Dr. Johannes: info@psu-  
schaller.de, Prof. Schaller  
UmweltConsult GmbH - PSU,  
Domagkstraße 1a, D-80807 München;  
244

Gnoth, Dr.-Ing. Steffen: fg-baugeoinf@b-  
tu.de, BTU Cottbus - Senftenberg,  
Fakultät Architektur,  
Bauingenieurwesen und Stadtplanung,  
FG Bauinformatik, Geodäsie und GIS,  
K.-Wachsmann-Allee 2, D-03046  
Cottbus; 246

Görne, M.Eng. Hendrik:  
hendrik.goerne@htw-dresden.de, HTW  
Dresden, Fakultät Geoinformation,  
Friedrich-List-Platz 1, D-01069  
Dresden; 271

Göthner, Annette:  
annette.goethner@hpc.ag, HPC AG,  
Am Stadtweg 8, D-06217 Merseburg;  
145

Götzel, Fabian: ARC-GREENLAB  
GmbH, Eichenstraße 3b, 12435 Berlin;  
167

Gruber, Dipl.-Ing. Ulrich:  
ulrich.gruber@kreis-re.de, Kreis  
Recklinghausen, Fachdienst Kataster  
und Geoinformation, Kurt-  
Schumacher-Allee 1, D-45657  
Recklinghausen; 69, 121

## H

Haller, Wolfgang:  
wolfgang.haller@munich-airport.de,  
Flughafen München GmbH; 245

Heine, Dr.-Ing. Katja: fg-baugeoinf@b-  
tu.de, BTU Cottbus - Senftenberg,  
Fakultät Architektur,  
Bauingenieurwesen und Stadtplanung,  
FG Bauinformatik, Geodäsie und GIS,  
K.-Wachsmann-Allee 2, D-03046  
Cottbus; 148, 246

Hellmann, Ralf: ralf.hellmann@faro.com,  
FARO Europe GmbH & Co. KG,

- Lingwiesenstraße 11/2, D-70825  
Korntal-Münchingen; 138
- Hermann, Felix, AFRY Deutschland  
GmbH, Prager Str. 17, 04103 Leipzig;  
226
- Heuer, Dipl.-Ing. (FH) Dirk:  
dirk.heuer@wsv.bund.de,  
Wasserstraßen-Neubauamt Berlin,  
Sachbereich 2 / Flächenmanagement,  
Geodaten, Beweissicherung,  
Mehringdamm 129, D-10965 Berlin;  
252
- Heunecke, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Otto:  
otto.heunecke@unibw.de, Fakultät für  
Bauingenieurwesen und  
Umweltwissenschaften, Universität der  
Bundeswehr München, Werner-  
Heisenberg-Weg 39, D-85579  
Neubiberg; 258
- Hille, Nina: nina.hille@gv.hamburg.de,  
Landesbetrieb Geoinformation und  
Vermessung Hamburg, Neuenfelder  
Straße 19, D-21109 Hamburg; 247
- Hochmuth, Dipl.-Ing. Markus:  
markus.hochmuth@opb.de,  
Obermeyer Planen + Beraten GmbH,  
Hansastraße 40, D-80686 München;  
244
- Huge, M.Sc. Joscha:  
joscha.huge@rmkconsult.de, RMK,  
Breite Str. 32, D-29221 Celle; 215
- Hüttner, Uwe: uwe.huettner@card-  
1.com, IB&T Software GmbH, An'n  
Slagboom 51, D-22848 Norderstedt;  
48
- J**
- Jaud, Stefan: stefan.jaud@outlook.com  
234
- K**
- Kaden, Prof. Dr.-Ing. Robert:  
robert.kaden@fh-erfurt.de, FH Erfurt,  
Fakultät Bauingenieurwesen,  
Landschaftsarchitektur, Altonaer Str.  
25, D-99085 Erfurt; 19, 54, 69, 160,  
200
- Kaiser, M.Eng. Tim: tim.kaiser@htw-  
dresden.de, HTW Dresden, Fakultät  
Geoinformation, Friedrich-List-Platz 1,  
D-01069 Dresden; 271, 274
- Kauer, Dr. Josef: office@robotic-  
eyes.com, Robotic Eyes GmbH,  
Keramikstraße 4, D-82211 Herrsching;  
246
- Kemper, Nikolaus:  
Nikolaus.Kemper@nlstbv.niedersachs-  
en.de, Niedersächsische  
Landesbehörde für Straßenbau und  
Verkehr, Dezernat 15, Geoinformation,  
Göttinger Chaussee 76A, D-30453  
Hannover; 258
- Kirnats, M. Sc. Lev: kirnats@e3d.rwth-  
aachen.de, E3D - Institut für  
Energieeffizientes Bauen, RWTH  
Aachen, Mathieustr. 30, D-52074  
Aachen; 316
- Klauer, Prof. Dr.-Ing. Thomas:  
thomas.klauer@hs-mainz.de, i3mainz -  
Institut für Raumbezogene  
Informations- und Messtechnik,  
Hochschule Mainz, Lucy-Hillebrand-  
Straße 2, D-55128 Mainz; 151
- Klöber, Andreas: info@moss.de,  
M.O.S.S. Computer Grafik Systeme  
GmbH, Hohenbrunner Weg 13, D-  
83054 Taufkirchen; 246
- Knapp, Sigfrid: Bundesanstalt für  
Wasserbau, Kußmaulstraße 17, D-  
76187 Karlsruhe; 214
- Kolbe, Prof. Dr. rer. nat. Thomas H.:  
thomas.kolbe@tum.de, Leonhard  
Obermeyer Center, Technische  
Universität München, Arcisstraße 21,  
D-80333 München; 11, 69
- König, Prof. Dr.-Ing. Markus:  
koenig@inf.bi.rub.de, Lehrstuhl für  
Informatik im Bauwesen, Ruhr-  
Universität Bochum, Universitätsstraße  
150, D-44780 Bochum; 246
- Krause, Dr. Kai-Uwe:  
kai-uwe.krause@gv.hamburg.de,  
Leitstelle XPlanung / XBau,  
Landesbetrieb Geoinformation und

Vermessung, Neuenfelder Straße 19,  
D-21109 Hamburg; 121, 246

Kretschmann, Felix:  
felix.kretschmann@apluss.de, A+S  
Consult GmbH, Schaufußstraße 19, D-  
01277, Dresden; 294

Küßner, Dipl.-Ing. Matthias:  
Generaldirektion Wasserstraßen und  
Schifffahrt, Am Waterlooplatz 5, D-  
30169 Hannover; 213

Küting, Ulrich:  
Ulrich.Kueting@strassen.nrw.de,  
Landesbetrieb Straßenbau NRW,  
Abteilung Vermessung, Postfach  
101526, D-44715 Bochum; 258

Kutter, Frank: frank.kutter@asseco-  
berit.de, Asseco BERIT GmbH,  
Mundenheimer Str. 55, D-68219  
Mannheim; 305

Kutzner, Dr. Tatjana: kutzner@tum.de,  
Technische Universität München,  
Lehrstuhl für Geoinformatik,  
Arcisstraße 21, D-80333 München;  
121

## L

Lago, Javier: vr@riemenschneider.net,  
Vermessungsbüro Riemenschneider  
GmbH & Co. KG 174

Lämmel, Ines: ilaemmel@nti.biz,  
CADsys GmbH, Carl-von-Bach-Straße  
3, D-09116 Chemnitz; 145

Leipold, Carolin: cale@nti-group.com,  
NTI Deutschland GmbH NL Chemnitz,  
Carl-von-Bach-Straße 3, D-09116  
Chemnitz; 278, 283

Löw, Sebastian:  
sloew@computerworks.de,  
ComputerWorks GmbH,  
Schwarzwaldstraße 67, D-79539  
Lörrach; 288

## M

Matthias, Ekkehard:  
ekkehard.matthias@gv.hamburg.de,  
Landesbetrieb Geoinformation und  
Vermessung Hamburg, Neuenfelder  
Straße 19, D-21109 Hamburg; 247

Max, Paul-Christian, AFRY Deutschland  
GmbH, Abteilung Konstruktiver  
Ingenieurbau, Prager Straße 17, 04103  
Leipzig; 230

Meier, M.Eng. Sören:  
soeren.meier@htw-dresden.de, HTW  
Dresden, Fakultät Geoinformation,  
Friedrich-List-Platz 1, D-01069  
Dresden; 271

Messmer, Beatrice:  
Beatrice.Messmer@e-messmer.de,  
Vermessungsbüro Dipl.Ing.  
E.Messmer, Bahnhofstraße 6, D-71409  
Schwaikheim; 266

Mörtel, Helmut: HMoertel@Max-  
Boegl.de, Max Bögl Stiftung & Co KG;  
215

Müller, Janis: ARC-GREENLAB GmbH,  
Eichenstraße 3b, 12435 Berlin; 167

## O

office@rmdatagroup.com, rmDATA  
GmbH, Merzbrück 212, 52146  
Würselen, Deutschland 303

Otto-Hahn, Markus: otto-hahn@hbk.de,  
HBK Datentechnik GmbH, Hamburger  
Straße 277, D-38114 Braunschweig;  
304

## P

Pavlova, M. Sc. Elena: fg-baugeoinf@b-  
tu.de, BTU Cottbus - Senftenberg,  
Fakultät Architektur,  
Bauingenieurwesen und Stadtplanung,  
FG Bauinformatik, Geodäsie und GIS,  
K.-Wachsmann-Allee 2, D-03046  
Cottbus; 148

Pilhatsch, Martin: mp@pilhatsch-geo.de,  
PILHATSCH INGENIEURE,  
Rüngsdorfer Straße 6, 53173 Bonn;  
170

Pläß, Bastian: bastian.plass@hs-  
mainz.de; i3mainz - Institut für  
Raumbezogene Informations- und  
Messtechnik, Hochschule Mainz, Lucy-  
Hillebrand-Straße 2, D-55128 Mainz;  
151

Pöschl, Angelika:

angelika.poeschl@aed-synergis.de,  
AED-SYNERGIS GmbH, Gustav-  
Struve-Allee 1, D-68753 Waghäusel;  
245

Poßner, M. Eng. Pascal:

pascal.possner@fh-erfurt.de, FH  
Erfurt, Fakultät Bauingenieurwesen,  
Landschaftsarchitektur, Altonaer Str.  
25, D-99085 Erfurt; 114

## R

Rabels, Malte: malte.rabels@aed-  
synergis.de, AED-SYNERGIS GmbH,  
Gustav-Struve-Allee 1, D-68753  
Waghäusel; 245

Rau, Linda: Linda.Rau@hs-rm.de,  
Hochschule RheinMain, Postfach  
3251, D-65022 Wiesbaden; 215

Rauh, Max: PILHATSCH INGENIEURE,  
Rüngsdorfer Straße 6, 53173 Bonn;  
170

Reifenhäuser, Michael:  
michael.reifenhäuser@deutschebahn.  
com, DB Netz AG -Zentrale-,  
Bestandsdatenmanagement,  
Fachstelle Gleis- und Bauvermessung,  
Adam-Riese-Straße 11-13, D-60327  
Frankfurt am Main; 157

Reith, Leon: info@psu-schaller.de, Prof.  
Schaller UmweltConsult GmbH - PSU,  
Domagkstraße 1a, D-80807 München;  
244

Reuters, B.Eng. Marius: vertrieb@card-  
1.com, IB&T Software GmbH, An'n  
Slagboom 51, D-22848, Norderstedt;  
287

Reuters, Marius, B.Eng.: vertrieb@card-  
1.com, IB&T Software GmbH, An'n  
Slagboom 51, D-22848, Norderstedt;  
216, 220

Reyer, Kilian: kilian.reyer@bs.ch 234

Riemenschneider, Dipl.-Ing. (FH)  
Andreas:  
andreas@riemenschneider.net,  
Vermessungsbüro Riemenschneider,  
Hauptstraße 149, D-63110 Rodgau;  
213

Romanschek, M.Eng. Enrico:

enrico.romanschek@htw-dresden.de,  
HTW Dresden, Fakultät  
Geoinformation, Friedrich-List-Platz 1,  
D-01069 Dresden; 274

Rose, Dr. Andreas: rose@grit.de, grit -

graphische Informationstechnik  
Beratungsgesellschaft mbH,  
Landwehrstraße 143, D-59368 Werne;  
106

Rupp, Dipl.-Geogr. Andreas:

info@angermeier.de, Angermeier  
Ingenieure GmbH, i\_park Klingholz 16,  
D-97232 Giebelstadt; 213

Rust, Christian:

christian.rust@navvis.com, NavVis  
GmbH, Blütenburgstraße 18, D-80636  
München; 184, 290

## S

Saale, Christine: info@psu-schaller.de,  
Prof. Schaller UmweltConsult GmbH,  
Domagkstraße 1a, D 80807 München;  
223

Saeger, Harald: harald.saeger@leica-  
geosystems.com, Leica Geosystems  
GmbH Vertrieb, Triebstraße 14, D-  
80993 München; 214

Sattes, Benjamin: benjamin.sattes@zm-  
3dwelt.de, Zimmermann & Meixner 3D  
Welt GmbH, Fohlenweide 41, D-88279  
Amtzell; 315

Schaller, Prof. Dr. Jörg: j.schaller@psu-  
schaller.de, Prof. Schaller  
UmweltConsult GmbH - PSU,  
Domagkstraße 1a, D-80807 München;  
244

Schaper, M.Sc. Jan:

jan.schaper@wsv.bund.de,  
Neubauamt für den Ausbau des  
Mittellandkanals in Hannover,  
Nikolaistraße 14/16, D-30159  
Hannover; 213

Schlei, Anton: info@bld-it.de; Werner &  
Schlei Ingenieure GmbH, Dr.-Georg-  
Teichtweier-Straße 11, 97076  
Würzburg; 196



Schlüter, Martin:  
 martin.schlueter@hs-mainz.de,  
 i3mainz – Fachbereich Technik –  
 Geoinformatik & Vermessung, Lucy-  
 Hillebrand-Straße 2, D-55128 Mainz;  
 215

Schmaus, Natalie:  
 natalie.schmaus@reif-bau.de, REIF  
 Bauunternehmung GmbH & Co. KG,  
 Hohlohstraße 9, D-76437 Rastatt; 164

Schmidt, Alexander: support.geomax@g-  
 nestle.de, Gottlieb NESTLE GmbH,  
 Freudenstädter Straße 37-43, D-72280  
 Dornstetten; 293

Schmidt, Frank: frank.schmidt@bs.ch  
 234

Schmidt, Sara: ssschmidt@cadsys.de,  
 CADsys GmbH, Carl-von-Bach-Straße  
 3, D-09116 Chemnitz; 279, 280, 281

Schnorr, Stefan: Bundesminister für  
 Digitales und Verkehr, Invalidenstraße  
 44, 10115 Berlin; 7

Schock, Thomas: thomas.schock@leica-  
 geosystems.com, Leica Geosystems  
 GmbH Vertrieb, Triebstraße 14, D-  
 80993 München; 214

Schröder, M.Eng. Marcus:  
 marcus.schroeder@htw-dresden.de,  
 HTW Dresden, Fakultät  
 Geoinformation, Friedrich-List-Platz 1,  
 D-01069 Dresden; 271, 274

Seuß, Prof. Dr.-Ing. Robert:  
 seuss@fb1.fra-uas.de, Frankfurt  
 University of Applied Sciences, FB 1;  
 Architektur, Bauingenieurwesen,  
 Geomatik, Nibelungenplatz 1, D-60318  
 Frankfurt am Main; 69

Siegrist, Dr.-Ing. Silvan:  
 silvan.siegrist@lumoview.com,  
 Lumoview Building Analytics GmbH,  
 Eichendorffstraße 49, D-50825 Köln;  
 318

Smolka, Christopher:  
 christopher.smolka@kempenkrause.de  
 , Kempen Krause Ingenieure GmbH  
 Aachen, Ritterstraße 20, D-52072  
 Aachen; 202

Sörensen, Lars: info@scan-3d.com,  
 Scan3D Dienstleistungsgesellschaft  
 mbH, Franklinstr. 28, 10587 Berlin 205

Staiger, Prof. Dr.-Ing. Rudolf:  
 rudolf.staiger@dvw.de, DVW-  
 Geschäftsstelle, Rotkreuzstraße 1L,  
 77815 Bühl; 9

Streicher, Veit: info@navvis.com, NavVis  
 GmbH, Blütenburgstr. 18, 80636  
 Munich 193

## T

Teichmann, Erik: info@intermetric.de,  
 intermetric GmbH, Industriestr. 24,  
 70565 Stuttgart 187

Theiler, M.Sc. Michael:  
 michael.theiler@planen-bauen40.de,  
 planen-bauen 4.0 GmbH,  
 Geneststraße 5 / Aufgang A, D-10829  
 Berlin; 246

Tilger, Dr. rer. nat. Klaus:  
 info@apluss.de, A+S Consult GmbH,  
 Schaufußstraße 19, D-01277,  
 Dresden; 219, 245

Trometer, Stefan:  
 strometer@vc.systems, Virtual City  
 Systems GmbH, Tauentzienstraße  
 7b/c, D-10789 Berlin; 314

Tschickhardt, Thomas:  
 thomas.tschickardt@wf.bam.com,  
 Wayss & Freytag Ingenieurbau AG,  
 Eschborner Landstraße 130-132, D-  
 60489 Frankfurt am Main; 154

Tulke, Dr. Jan: jan.tulke@planen-  
 bauen40.de, planen-bauen 4.0 GmbH,  
 Geneststraße 5 / Aufgang A, D-10829  
 Berlin; 246

## V

Volland, Vivien: vivien.volland@tu-  
 darmstadt.de, TU Darmstadt 117

Völter, Ulrich: gf@intermetric.de,  
 intermetric GmbH Stuttgart,  
 Industriestraße 24, D-70565 Stuttgart;  
 142

**W**

Wieder, Robert: robert.wieder@aurelis-real-estate.de, Asset & Property Management - Aurelis Real Estate Service GmbH, Schloßschmidstraße 5, D-80369 München; 245

Willkomm, Philipp: info@moss.de, M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH, Hohenbrunner Weg 13, D-83054 Taufkirchen; 246

Wolf, Jonathan: jonathan.wolf@fh-erfurt.de; 200

Wunderlich, em. Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas: th.wunderlich@tum.de, Lehrstuhl für Geodäsie, Technische Universität München, Arcisstraße 21, D-80333 München; 157

Wunderlich, Prof. Dr.-Ing.habil. Thomas: th.wunderlich@tum.de, Lehrstuhl für

Geodäsie, Technische Universität München, Arcisstraße 21, D-80333 München; 86

Wuttke, M. Sc. Oliver: oliver.wuttke@wuttke-ingenieure.de, Wuttke Ingenieure GmbH, Markt 5, D-09111 Chemnitz; 319

**Z**

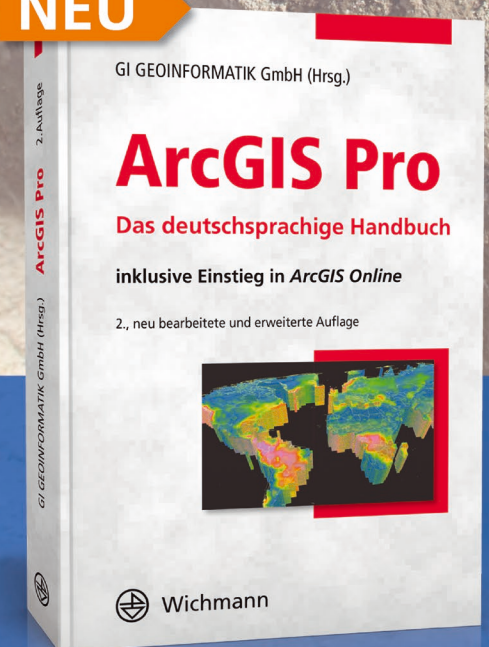
Zimmermann, Annika: info@kreis-re.de, Kreis Recklinghausen, Kurt-Schumacher-Allee 1, 45657 Recklinghausen; 177

Zschesche, Kira: kira.zschesche@hs-mainz.de, i3mainz – Fachbereich Technik – Geoinformatik & Vermessung, Lucy-Hillebrand-Straße 2, D-55128 Mainz; 215





**NEU**



2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage  
 Auflage 2021. 668 Seiten  
 80,- € (Buch/E-Book)  
 112,- € (Kombi)

**Technikwissen punktgenau:**

**Das Handbuch zu ArcGIS Pro – praktisches Anwenderwissen für Einsteiger und Profis**

Die Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation komplexer räumlicher Daten ist ohne den Einsatz leistungsstarker Geoinformationssoftware wie ArcGIS Pro kaum denkbar. Das einzige deutschsprachige Handbuch zu dieser GIS-Software ist gerade in 2. Auflage erschienen und bietet Lesern einen umfassenden Überblick über die Funktionalitäten der Softwareversion 2.7.

Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten. Sowohl das E-Book als auch das Kombiangebot (Buch + E-Book) sind ausschließlich auf [www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de) erhältlich.

**Bestellen Sie jetzt: (030) 34 80 01-222 oder [www.vde-verlag.de/buecher/537709](http://www.vde-verlag.de/buecher/537709)**

