



RUNDER TISCH GIS E.V.

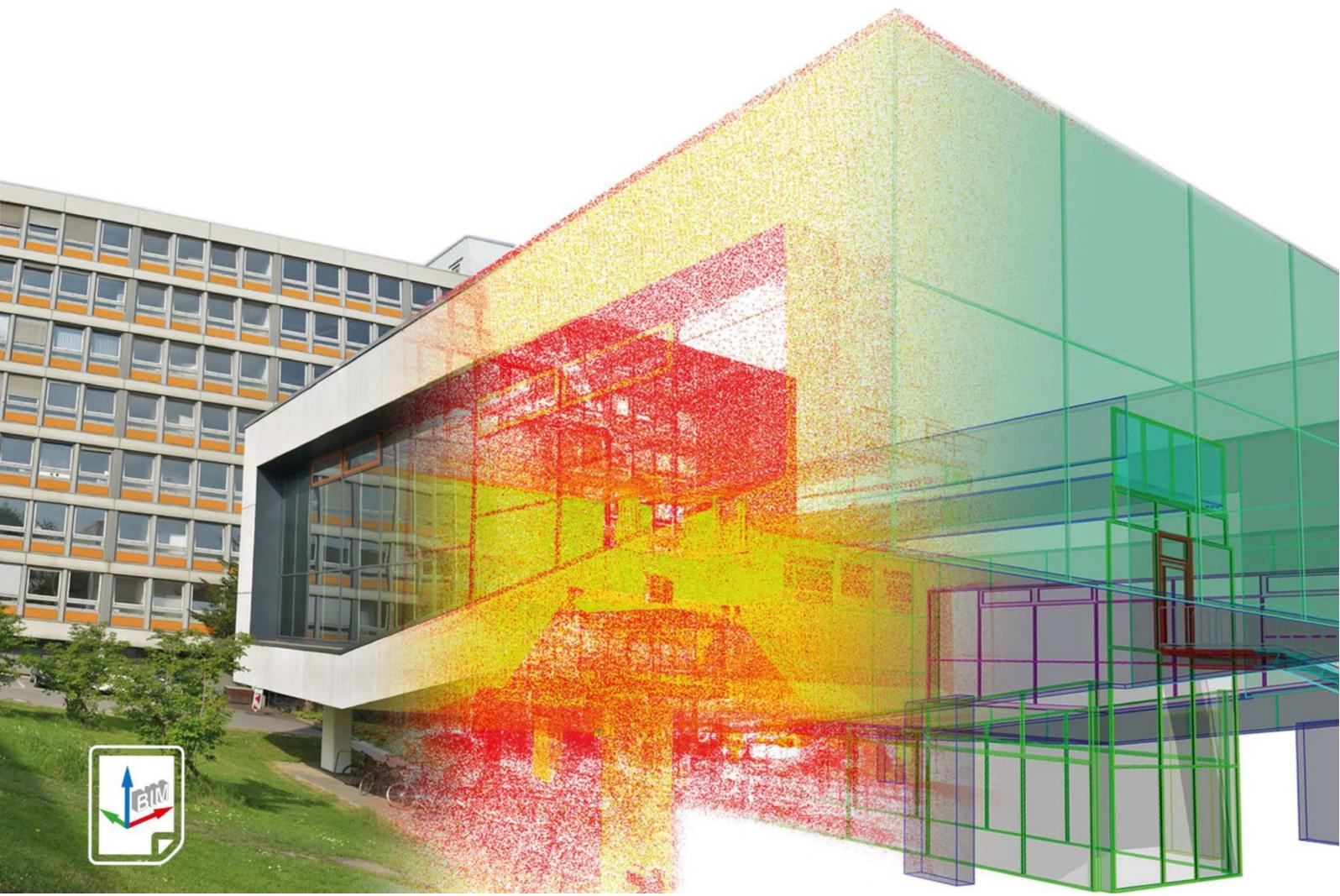
Leitfaden

GEODÄSIE UND BIM



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

VERSION 3.1 (2022)



Leitfaden
**Geodäsie
und BIM**

Version 3.1 (2022)

Impressum

Leitfaden Geodäsie und BIM

Version 3.1, 18. Oktober 2022

DVW-Merkblatt 11-2022

Herausgeber

Robert Kaden, Christian Clemen, Robert Seuß, Jörg Blankenbach, Ralf Becker, Andreas Eichhorn, Andreas Donaubaue, Thomas H. Kolbe, Ulrich Gruber †

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. Robert Seuß, Frankfurt UAS

Prof. Dr. Jörg Blankenbach und Dr. Ralf Becker, RWTH Aachen

Prof. Dr. Andreas Eichhorn, TU Darmstadt

Dr. Andreas Donaubaue, TU München

Dipl.-Ing. Ulrich Gruber †, Kreis Recklinghausen

Layout

Prof. Dr. Robert Kaden, FH Erfurt

Bildnachweis

Titelbild: RWTH Aachen

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 3.1, Bühl/München, 2022, 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 3.1 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 *RUNDENTISCH GISE. 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 TM oder [®] nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente oder Gebrauchsmusterschutz vorliegen.

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

Beitrag von Prof. Dr.-Ing. Hansjörg Kutterer

Die Erfassung, Modellierung und Visualisierung der Erde gehört zu den Kernkompetenzen der Geodäten. Seit ca. 40 Jahren werden viele der dazugehörigen Arbeitsvorgänge digital umgesetzt. 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 Entwicklung und Einführung der BIM-Methode in der Bauwirtschaft vollzieht sich derzeit in dieser Branche eine ähnliche Entwicklung hin zu digitalen Prozessen und kollaborativen Arbeiten. Geodäten sind in vielen Prozessen der Bauwirtschaft direkt beteiligt. 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 den Arbeitskreisen 2 – Geoinformation und Geodatenmanagement – und 4 – Ingenieurgeodäsie – des DVW 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. Über 17.000 Downloads zeigen, dass der Informationsbedarf weiterhin hoch ist.

Ihr



Hansjörg Kutterer
DVW-Präsident

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 Vortragssitzungen 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.

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 3.1 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.

Im Namen des Vorstands bedanke ich mich bei den zahlreichen Autoren und insbesondere dem Redaktionsteam. Ulrich Gruber, Autor und Mitglied des Redaktionsteams, war maßgeblich bereits an der ersten Version des Leitfadens beteiligt. Mit großer Betroffenheit haben Herausgeber und Autorenschaft die Nachricht von seinem Tod aufgenommen. Die vorliegende Version musste nun ohne ihn erstellt werden. Herausgeber und Autorenschaft werden Ulrich Gruber ein ehrendes Andenken bewahren.

Mein Dank gilt auch den Firmen und Behörden, die mit Ihren Anzeigen die Erstellung und Herausgabe finanziell unterstützt haben. Ich hoffe, dass die Version 3.1 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.

Inhaltsverzeichnis¹

Thesepapier des DVW e. V.	14
1 Einleitung	15
2 Grundlagen	17
2.1 Grundlagen und Informationsmanagement der BIM-Methode	17
2.1.1 Die Methode BIM	17
2.1.2 BIM-Anwendungsfälle	20
2.1.3 Bauwerksmodellierung für BIM	21
2.1.4 Prozesse und Management	24
2.1.5 BIM-Methode – Stand der Einführung	32
2.1.6 Building Information Modeling für den Infrastrukturbau	38
2.1.7 Fazit	46
2.2 Georeferenzierung	50
2.2.1 Mathematische Ebene – Grundlagen	51
2.2.2 Pragmatische Ebene – Praxis	56
2.2.3 Software- und Datenaustausch-Ebene	62
2.2.4 Zusammenfassung	64
2.3 CAD, BIM und GIS – digitale Modelle der gebauten Umwelt	66
2.3.1 Von CAD zu BIM als Planungsgrundlage im Bauwesen	66
2.3.2 Bauwerksmodelle im Vergleich – Modellierungskonzepte in BIM und GIS	67
2.3.3 Geobasis- und Geofachdaten als Planungsgrundlage und Visualisierungsinstrument	73
2.3.4 Interoperabilität – Methoden der Integration	79
2.3.5 Zusammenfassung	81
2.4 BIM in der Ingenieurvermessung	83
2.4.1 Aufgaben der Ingenieurvermessung	83
2.4.2 Planungsbegleitende Vermessungen mit BIM	84
2.4.3 Baubegleitende Vermessung mit BIM	91
2.4.4 Betrieb und Unterhaltung	93
2.4.5 Neue Aufgabenfelder für den Vermessungsingenieur?	93
2.4.6 Zusammenfassung	94
2.5 Geodäsie und BIM – die rechtlichen Aspekte	96
2.5.1 Einleitung	96
2.5.2 Leistungspflichten	96
2.5.3 Vergütung	97
2.5.4 Die Haftung bei Einsatz der BIM-Planungsmethode	98
2.5.5 Schutz des geistigen Eigentums, Datenschutzrechte	100
2.5.6 Vergaberecht	101
2.5.7 Ergebnis	101
2.6 Geodäsie und BIM in der Entwicklung	103
2.6.1 3D-Lageplan zum Baugesuch	103
2.6.2 Verlinkte Datencontainer für die Datenübergabe	111
2.7 BIM und GIS-Integration – standardisierte, offene Datenformate	115

¹ + neuer Artikel  aktualisierter Artikel

2.7.1	Einführung.....	115
2.7.2	Industry Foundation Classes (IFC).....	116
2.7.3	CityGML 3.0 und weitere Standards im Bereich Urban Information Modeling	120
2.7.4	Weitere Standards/Formate	130
3	BIM in der Praxis.....	132
3.1	BIM in der Ingenieurvermessung	132
3.1.1	Der S-Bahn-Tunnel in Frankfurt am Main – das BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung in der Planung für die Infrastrukturmaßnahmen....	132
3.1.2	BIM-Pilotprojekt Neubau der Westkammer der Schleuse Wedtlenstedt am Stichkanal nach Salzgitter	135
3.1.3	Vom Laserscan zum BIM-Modell – Bestandsdaten effizient in BIM-Projekte überführen.....	138
3.1.4	Herausforderungen beim Bauen im innerstädtischen Bestand – wie Laserscanning und BIM die Risiken des Bauherrn minimieren	141
3.1.5	Anwendung von 3D-Laserscanning und Photogrammetrie zur <i>as-built</i> -Dokumentation von Gebäuden.....	144
3.1.6	BIM im Denkmalschutz am Beispiel des Edo-Wiemken-Denkmal.....	147
3.1.7	Erstellung eines Bestandsmodells im Rahmen von Building Information Modeling (BIM).....	150
3.1.8	Bestandsdokumentation für die BIM-orientierte Entwurfsplanung.....	153
3.1.9	BIM im Wasserbau – von der Planung zu Betrieb und Unterhaltung. Das Initialprojekt „Neue Schleuse Trier“	156
3.1.10	Erfassung und Erstellung eines BIM-konformen Bestandsmodells der Huntebrücke als Teil der A29 bei Oldenburg	159
3.1.11	BIM in der Praxis – Ansätze zur Integration von Structural Health Monitoring in ein Bestands-BIM.....	162
3.1.12	BIM im Straßen- und Tiefbau – modellbasiertes Navigieren im Praxiseinsatz.....	164
3.1.13	BIM für die Infrastruktur – Praxischeck mit der HPC AG.....	167
3.1.14	TLS-gestützte Geometrieüberprüfung einer Schleusenammer auf Basis eines BIM-as-planned-Modells	170
3.1.15	Next Generation Scan-to-BIM: Ein neuer Ansatz zur strukturierten Datenerfassung für as-built Indoor-Modelle	173
3.1.16	Verfügbarkeitsprojekt A10/A24 – Lebenszyklusansatz mit openBIM	176
3.1.17	Geodätischer Raumbezug der Eisenbahn-Infrastruktur	179
3.1.18	Scan2BIM – Erfahrungsbericht zur Modellierung mit Revit und Allplan ...	182
3.1.19	Vermessungsarbeiten im Rahmen eines BIM Projekts für die Deutsche Bahn +	186
3.2	Integration von BIM und GIS	189
3.2.1	3D- und VR-Visualisierungen auf Basis von GIS-Daten vereinfachen die (Zusammen-)Arbeit	189
3.2.2	Kooperation auf der Basis von BIM- und GIS-Anwendungen	193
3.2.3	Planungsoptimierung von Ingenieur- und Umweltplanung durch Integration von BIM und GIS	196
3.2.4	3D-CityGML-Stadtmodelle als Planungsinstrument für BIM-Infrastrukturprojekte am Beispiel der U4-Netzerweiterung auf die Horner Geest in Hamburg	199
3.2.5	BIM-konforme Visualisierung des Freileitungsprojekts Emden-Conneforde	202

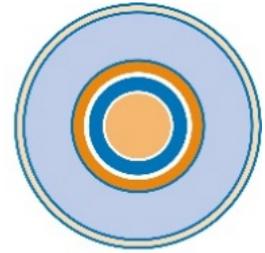
3.2.6	Schnelle dynamische Modellgenerierung bei konkreten BIM-Anwendungen.....	205
3.2.7	Geodaten umfassend nutzen.....	208
3.2.8	Vom GIS zum BIM – geschickte Datennutzung optimiert Workflows im Tagesgeschäft.....	211
3.2.9	Integration von IFC-Daten in eine bestehende CAFM-Umgebung	214
3.2.10	Modellierung des IKMZ Cottbus – Integration von BIM und GIS	218
3.2.11	BIM-basierter Bauantrag.....	221
3.2.12	„DeepSpaceBIM 4.1“ – der digitale Bauassistent der Zukunft	224
3.3	BIM – Prozesse und Management	227
3.3.1	BIM.Hamburg – ein interdisziplinärer Ansatz für Hoch- und Tiefbau	227
4	Handlungsempfehlungen.....	232
4.1	Arbeiten im „lokalen CRS“ ☺.....	232
4.1.1	Einleitung.....	232
4.1.2	Grundlegendes zur Georeferenzierung bei Bauprojekten	232
4.1.3	Georeferenzierung – LPCS (Local Projected Coordinate System).....	233
4.1.4	Master-IFC mit Koordinationskörper	235
4.1.5	Zusammenfassung des Workflows	237
4.2	Herausforderungen bei der Einführung der BIM-Methode.....	238
4.2.1	Einleitung.....	238
4.2.2	BIM Anwendungsfälle (AwF).....	239
4.2.3	Umgang mit Verzerrungsverhältnissen nach dem Bezugssystemwechsel auf ETRS89/UTM und DHHN2016/NHN.....	241
4.2.4	Kooperative Arbeitsweise	243
4.2.5	Vertragliche Regelungen	244
4.2.6	Verwendete Abkürzungen.....	244
4.2.7	Quellen	244
4.3	BIM im Ingenieurbüro – denken wir neu!	246
4.3.1	Einleitung.....	246
4.3.2	BIM-Notwendigkeit, Chancen & Motivation	247
4.3.3	Konkretisierung BIM-basierte geodätische Anwendungen	248
4.3.4	BIM-Strategie dokumentieren, implementieren & kommunizieren	248
4.3.5	Erfolgreiche Umsetzung	249
4.3.6	Verwendete Abkürzungen.....	250
4.3.7	Quellen	250
4.4	Vorteile und Nutzungsmöglichkeiten bei der Verwendung von (amtlichen) Geodaten in BIM-Autorensoftware mit dem CityBIM-Plug-in.....	251
4.5	Konvertierung und Bereitstellung von standardkonformen Digitalen Geländemodellen im BIM-Kontext	254
5	Produkte	257
5.1	Software	257
5.1.1	Autodesk AutoCAD Civil 3D und InfraWorks.....	258
5.1.2	Autodesk Revit	259
5.1.3	Autodesk Revit mit Autodesk Point Layout (Plug-in)	260
5.1.4	ArcGIS Pro: Die GIS-Anwendung für GIS- und BIM-Workflows	261
5.1.5	FME Technologie ☺	262
5.1.6	card_1 – BIM in Vermessung, Straßen-, Bahn- und Kanalplanung	263
5.1.7	Vectorworks Landschaft für CAD-GIS-BIM	264

5.1.8	Planen + Bauen + Betreiben = pit-BIM	265
5.1.9	NavVis – Digitale Gebäude Aufnahmen, Visualisierung & Positionierung	266
5.1.10	PHIDIAS.....	267
5.1.11	SGJ-nD-Datenhaltung für BIM-Daten	268
5.1.12	X-PAD Office Fusion – die Bürosoftware für räumliche Daten	269
5.1.13	KorFin – dynamisch in 5 Dimensionen	270
5.1.14	Leica RTC360 – 3D-Laserscanning-Lösung als Grundlage für BIM.....	271
5.1.15	rmDATA 3DWorx – der unvergleichlich einfache Weg vom Bestand zum Modell.....	272
5.1.16	GEOgraf – CAD, GIS, BIM	273
5.1.17	SAMO Strategic Asset Management & Operations	274
5.1.18	PIA Planungs- & IT-Architektur.....	275
5.1.19	Der isl-baustellenmanager	276
5.2	Dienstleistungen	277
5.2.1	con terra GmbH – Anbieter intelligenter, integrierter GIS-Lösungen ☺.....	278
5.2.2	BIM Ready – Die Ausbildung für mehr Produktivität	279
5.2.3	Bauen im Bestand – BIM fängt beim Aufmaß an – präzise Planung setzt ein präzises Aufmaß voraus – 3D-BIM-Modelle als Planungsgrundlage..	280
5.2.4	BIM-Beratung.....	281
5.2.5	PHOCAD GmbH – Datenerfassung, Auswertung und Modellierung	282
5.2.6	Einfache BIM-Integration für Planer und urbane Simulation	283
5.2.7	Grundlagenermittlung durch 3D-Laserscanvermessung, Photogrammetrie und sachgerechte Planfertigung/3D-Modellierung	284
5.2.8	BIM Center Aachen – Forschungszentrum und branchen- übergreifendes Netzwerk für digitales Bauen und Betreiben	285
5.2.9	BIM-Qualifizierung.....	286
5.2.10	Lumoview – 3D-Bestandserfassung in 2 Sekunden pro Raum	287
5.2.11	Modellierung von BIM-Modellen	288
5.2.12	BIM: Besondere Haftungsfragen und CyberRisiken +	289
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	290
6.1	Zusammenfassung.....	290
6.2	Ausblick	297
	Ansprechpartner und Autoren	299

+ neuer Artikel ☺ aktualisierter Artikel



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



RUNDER TISCH GIS E.V.

**RWTHAACHEN
UNIVERSITY**

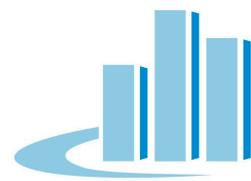


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Hochschule für
Technik und Wirtschaft
Dresden
University of Applied Sciences

FH E **FACHHOCHSCHULE
ERFURT UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES**



FRANKFURT
UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

Technische
Universität
München



**KREIS
RECKLINGHAUSEN**
DER VESTISCHE KREIS

Thesenpapier des DVW e. V.

Vertreten durch den Arbeitskreis 2 (Robert Seuß) und Arbeitskreis 4 (Andreas Eichhorn)

Das Thesenpapier 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 Betriebens (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 und Robert Seuß

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. Die anhaltend große Nachfrage und die enorme Downloadzahl von über 17.000 (Stand: 07/2022) zeigen einen anhaltenden Bedarf an Informationen zu BIM in der Geodäsie. Mittlerweile gibt es durch eine Kooperation mit dem Wißner-Verlag neben der kostenfreien Onlineversion auch die Möglichkeit, den Leitfaden als Print on Demand in gedruckter Form zu erhalten. Rückmeldungen aus der Praxis und die hohe Zahl von Fortbildungsseminaren belegen die aktive Auseinandersetzung der Praktiker mit dieser neuen Methode und Technologie. 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 3.1 des Leitfadens Rechnung getragen werden soll.

BIM ist wesentlicher Bestandteil der aktuellen Initiative „Digitales Planen und Bauen 4.0“. Statt CAD-basierter Bauzeichnungen wird ein digitales Modell, ein sogenannter „digitaler Zwilling“ 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 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 – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e. V. und der Runde Tisch GIS e. V. nahmen sich dieser und weiterer Fragen an und erstellten in Zusammenarbeit mit Experten aus Wissenschaft, Unternehmen und Verwaltung den aktuellen Leitfaden Geodäsie und BIM 3.1. 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 den 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 durch 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. Es wurde hauptsächlich durch die BIM-Experten des Redaktionsteams erstellt. Es beginnt mit den Grundlagen und dem Informationsmanagement der BIM-Methode. Anschließend wird dem geodätisch wichtigen Thema der Georeferenzierung ein eigenes Unterkapitel gewidmet. Danach werden die digitalen Modelle der gebauten Umwelt aus CAD, BIM und GIS verglichen und abgegrenzt. Es folgen die Grundlagen zu BIM in der Ingenieurvermessung sowie rechtliche Aspekte der vermessungstechnischen Leistungen für BIM. Neu ist der Abschnitt zu Geodäsie und BIM in der Entwicklung, das die Zukunftsthemen 3D-Lageplan zum Baugesuch und verlinkte Datencontainer für das kollaborative Arbeiten enthält. Das Kapitel Grundlagen schließt mit Erläuterungen zur BIM- und GIS-Integration sowie der Darstellung von standardisierten Informationsmodellen ab.

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 konkretere Handlungsempfehlungen bei der Umsetzung geodätischer Leistungen in BIM, welche anhand von Machbarkeitsstudien und praktischen Erfahrungen der Autoren erstellt wurden. In der Version 3.1 wurde der Beitrag *Arbeiten im „lokalen CRS“* überarbeitet.

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 6 runden den Leitfaden Geodäsie und BIM ab.

Beiträge, welche im Rahmen der Fortschreibung (gegenüber der letzten Version 3.0 (2021) 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.

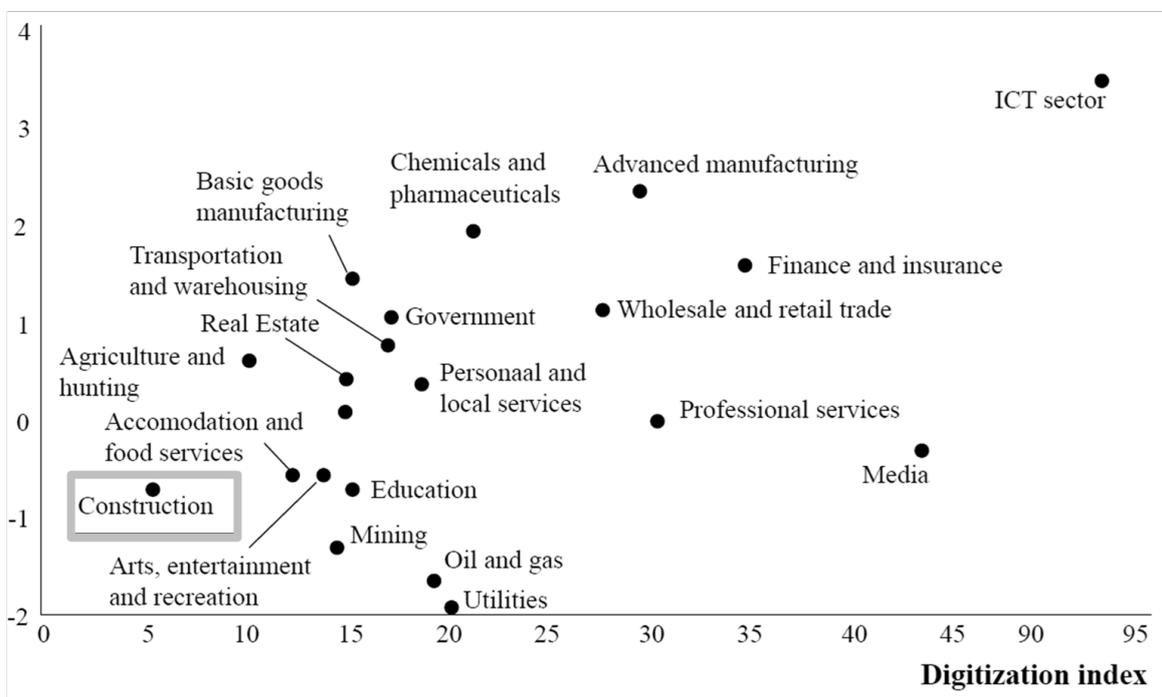


Abb. 2.1-1: Der Digitalisierungsindex gibt die digitale Durchdringung von Industriezweigen in [%] und die zeitliche Veränderung seit 1997 an, wobei Level 1 den 1997 führenden Industriebereichen entspricht (Quelle: Remes et al. 2018, Grafik nach Talamo 2020).

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“).

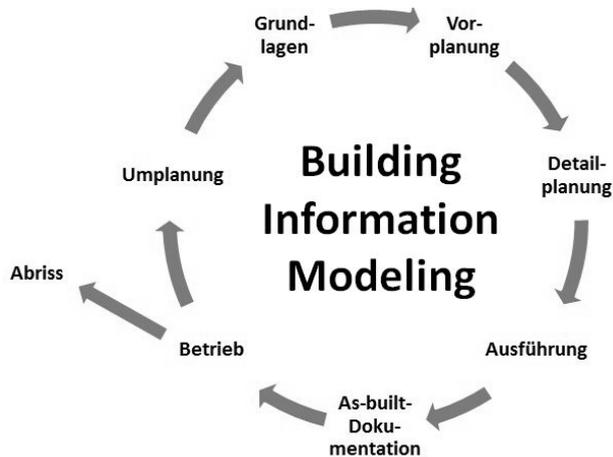


Abb. 2.1-2: BIM im Bauwerkslebenszyklus.

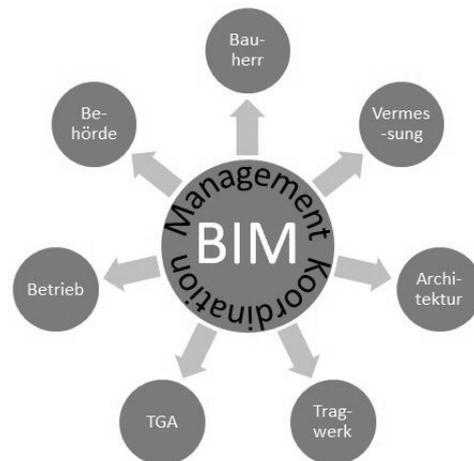


Abb. 2.1-3: BIM und die Gewerke am Bauwerk.

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).

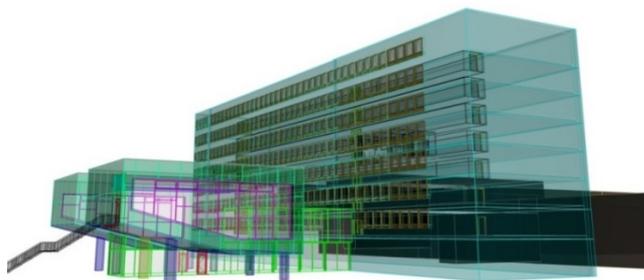


Abb. 2.1-4: BIM-(Architektur)Modell des Fakultätsgebäudes für Bauingenieurwesen der RWTH Aachen (Quelle: gia, RWTH Aachen University).

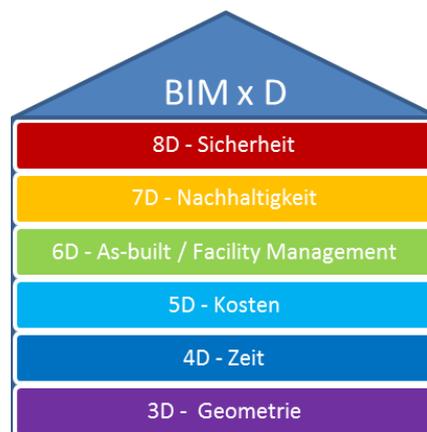


Abb. 2.1-5: BIM x D.

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.

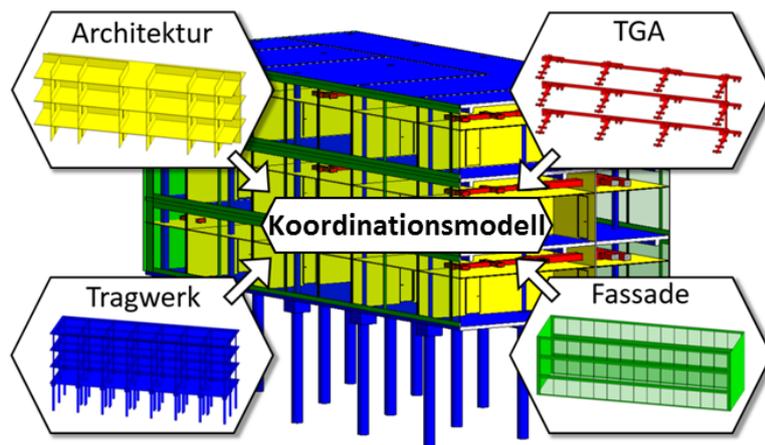


Abb. 2.1-6: BIM – Koordinations- und Fachmodelle.

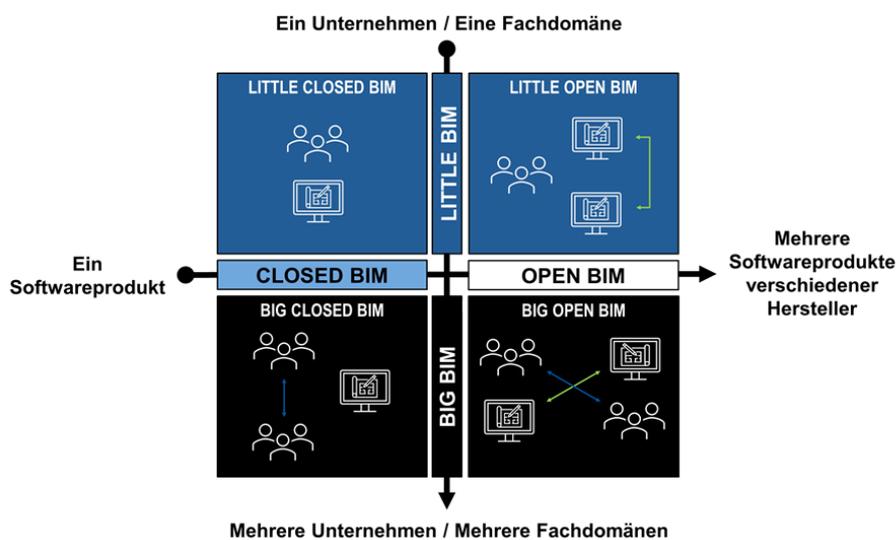


Abb. 2.1-7: Darstellung von „little closed“ und „big open“ BIM.

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. 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 getrennt. 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

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.

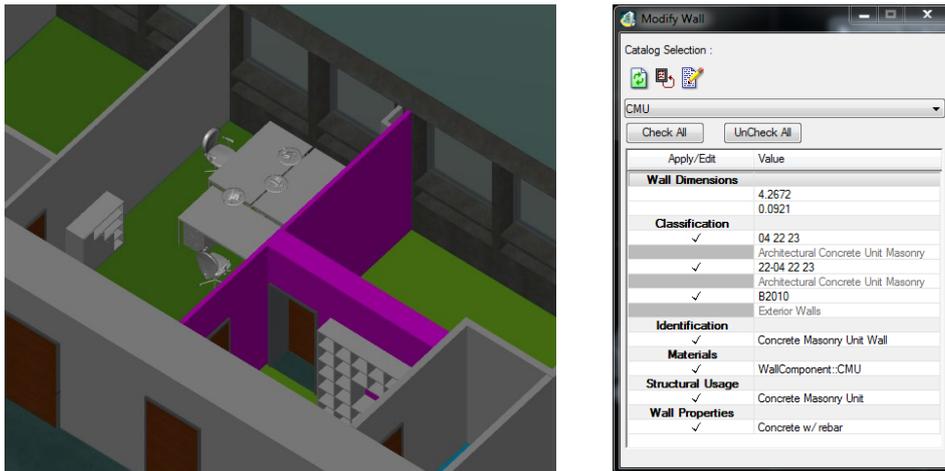


Abb. 2.1-9: Bauteil „Wand“ mit beschreibenden Eigenschaften in der BIM-Software (hier: Bentley BuildingDesigner).

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 CityGML² 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 & Berkahn 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 vorzulegende 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 lokales kartesisches Koordinatensystem sowie seine Abmessungen (z. B. Länge, Breite und Höhe) (vgl. Abbildung 2.1-10) beschrieben.

² <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml> (August 2019)

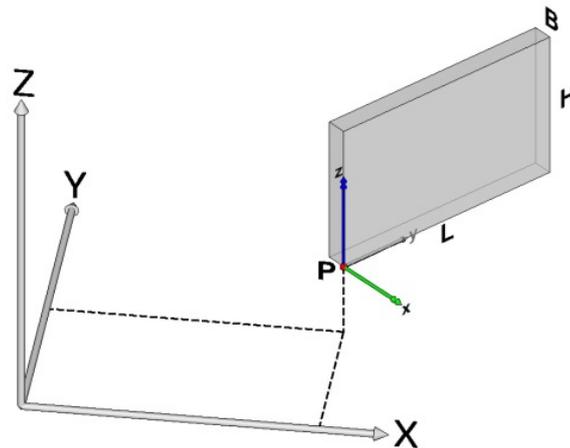


Abb. 2.1-10: Beispiel zur parametrischen Geometriemodellierung.

Grad der Fertigstellung/Level of Development

In der Methode BIM orientiert sich die Detaillierung der Bauteilm modellierung 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 der ISO-Standard 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

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

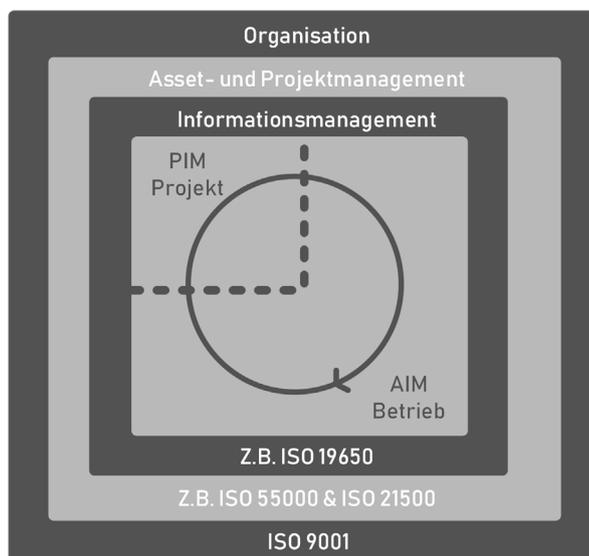


Abb. 2.1-12: Informationsmanagement mit dem Asset Information Model (AIM) und Projekt-Informationsmodell (PIM) entlang des Lebenszyklus der Bauwerksinformation nach ISO 19650-1.

Nach ISO19650 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. ISO 19650 benennt zunächst die Rollen „Informationsbesteller“ und „Informationsbereitsteller“. Der Standard gliedert dann die Informationsaustauschanforderungen des Informationsbestellers in strategische (Organizational Information Requirements, OIR) und projektspezifische (Project Information Requirements, PIR) Anforderungen (siehe Abbildung 2.1-13).

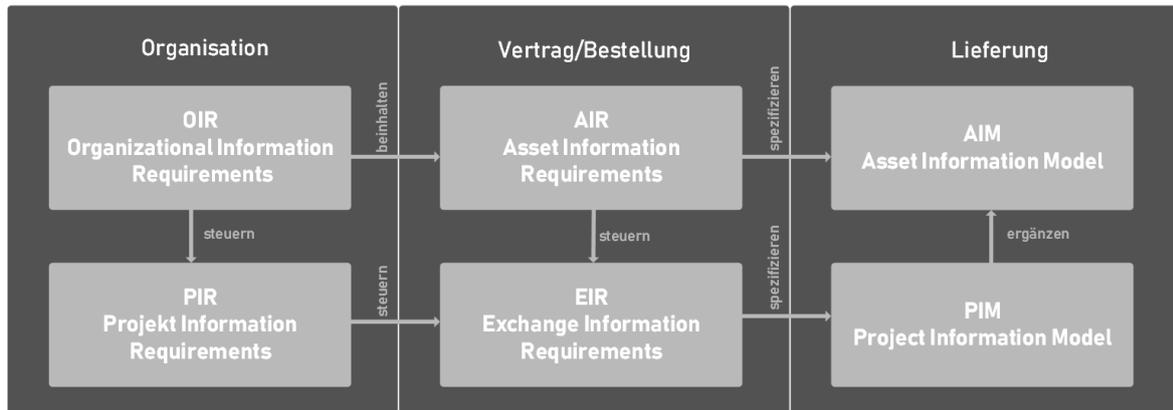


Abb. 2.1-13: Hierarchie der unterschiedlichen Informationsaustausch-Anforderungen nach ISO 19650-1.

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>Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA). 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>

Wichtige Begriffe des BIM-Managements	
<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>BIM-Abwicklungsplan (BAP). 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 2.5.2).</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>

Wichtige Begriffe des BIM-Managements	
<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 ISO19650 mindestens ein Status „in Bearbeitung“, „geteilt“, „veröffentlicht“ oder „archiviert“ zugeordnet werden.

Gemeinsame Datenumgebung (engl. Common Data Environment, CDE)	
<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>

Gemeinsame Datenumgebung (engl. Common Data Environment, CDE)	
<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 Koordinierungsmodell 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.

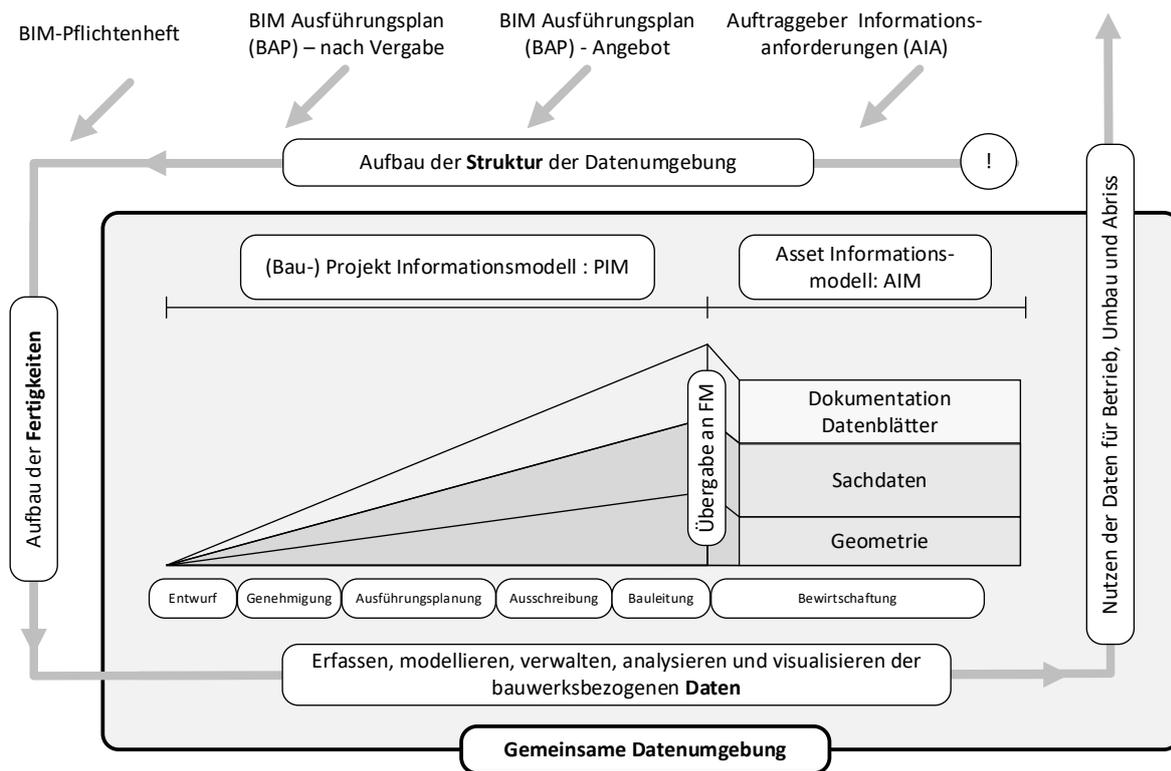


Abb. 2.1-14: Eigene Darstellung, inhaltlich verändert nach „The information delivery cycle“ von Mervyn Richards (BSI 2013) – in dieser Form nicht mehr Bestandteil, der ISO19650.

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. 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 Workflowmanagement z. B. Arbeitsaufträge mit 3D-Ansichtspunkten, ausgewählten Objekte/Bauteile und vor allem Freitextkommentaren gezielt an die BIM-Beteiligten verteilt werden und der Bearbeitungsstand des Arbeitsauftrages („issue“) digital kommuniziert werden. Die Kommunikation mit

BFC kann bidirektional (z. B. als Dateianhang einer E-Mail) oder – besser – in der Cloud über spezielle Dienste organisiert werden.

Spezifikation von Prozessen und Datenübergaben

Die BIM-Methode lebt von klaren Verantwortlichkeiten und der geordneten Datenübergabe. Jeder Akteur im Projekt erwartet, dass die Eingangsdaten (Input) für seinen Prozessschritt zuverlässig sind und er muss sicherstellen, dass seine Modellerweiterungen (Output) von den Akteuren, die das Modell nutzen, richtig interpretiert und verwendet werden. Im Prozess der Vornormierung hat building-Smart mit den *Information Delivery Manual (IDM)* ein Rahmenwerk entwickelt, wie Prozesse und Datenübergabepunkte einheitlich beschrieben werden können. Methodik und Format der IDM sind in DIN EN ISO 29481-1:2018 standardisiert. Die IDM legen fest „welche Informationen von wem wann welchem Projektbeteiligten wie zur Verfügung gestellt werden sollen“ (Borrmann 2015, S. 130).

Die IDMs sind sozusagen ein Werkzeug zur Beschreibung von Teilaufgaben, die im AIA, BAP und BIM-Pflichtenheft ausgewiesen sind. Ein IDM besteht aus einem Deckblatt mit administrativen Angaben (Autor, Version ...), einer klaren Bezeichnung des Anwendungsfalls und der Zuordnung zu einer bestimmten Leistungsphase. Der Standard beschreibt, wie ein Handbuch zum Informationsaustausch erstellt wird. Ein IDM für einen bestimmten Prozess besteht aus

- einem Prozessablaufdiagramm (engl. Process Map), in welchem das „Wer“ und „Wann“ geklärt wird und
- Informationsaustausch-Anforderungen (engl. Exchange Requirement), in welchen der Mindestumfang (Was) der auszutauschenden Daten definiert wird.

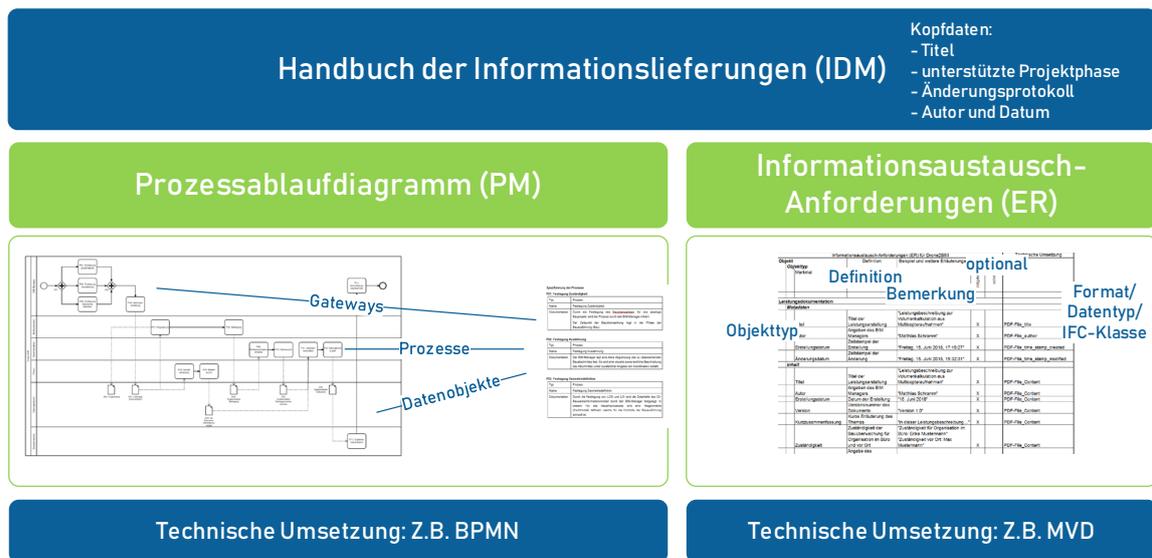


Abb. 2.1-15: Schematische Darstellung des Aufbaus eines IDM.

Für das Prozessablaufdiagramm wird die Business Process Modeling Notation (BPMN, ISO/IEC 19510:2013) empfohlen. Der Vorteil von BPMN ist, dass neben der visuellen und textlichen Darstellung (siehe Abbildung 2.1-15, linke Spalte) die Prozessdefinition als XML-Datei serialisiert und verteilt werden kann. Dadurch kann der definierte Prozess auf einer Prozess-Engine (z. B. Open Source BPMN Workflow Engine von Camunda) implementiert werden. In einem BIM-Projekt könnte dann 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 Datenaustauschszzenarien 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*“.

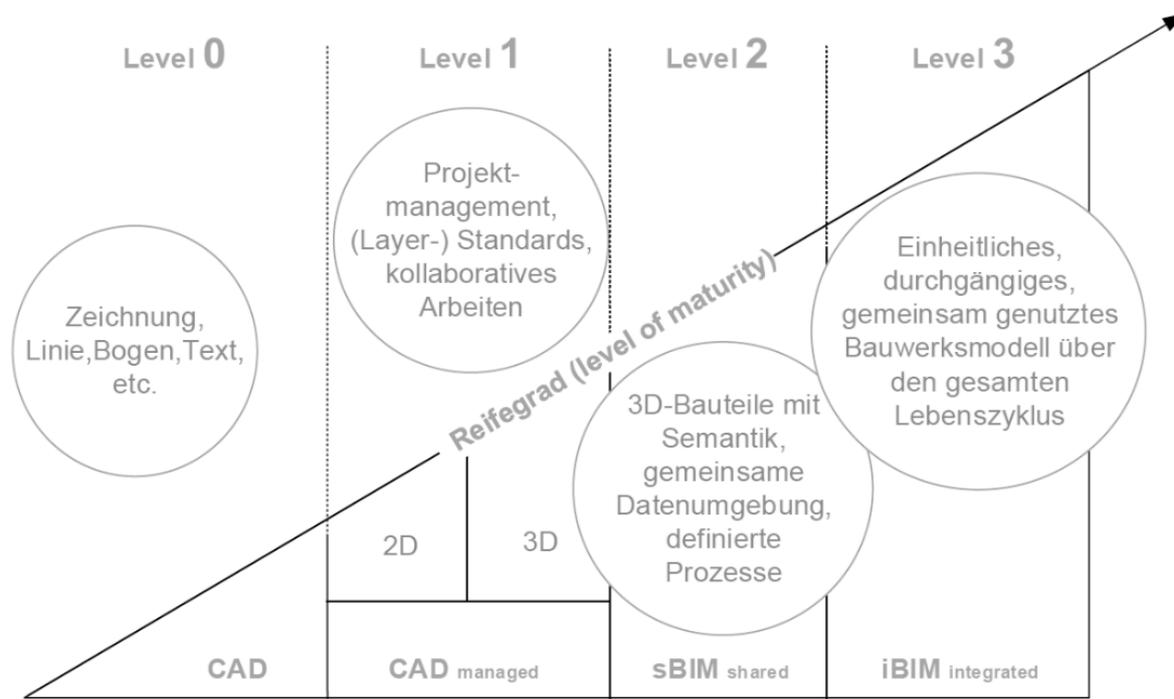


Abb. 2.1-16: BIM-Reifegrad (eigene Darstellung nach BIM Industry Working Group 2011).

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 Parlaments³ 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 abgestimmten europäischen Vorgehensweise zu vereinen“ und mit dem Ziel einer digitalen Bauwirtschaft auf Weltniveau⁴ hat sich im Jahr 2016 die sogenannte EU BIM Task Group⁵ gegründet, ein Zusammenschluss von mehr als 20 Mitgliedsstaaten, darunter Deutschland. Die EU BIM Task

³ <http://www.baulinks.de/bausoftware/2014/0024.php4> (August 2019)

⁴ <http://planen-bauen40.de/2331-2/> (August 2019)

⁵ <http://www.eubim.eu> (August 2019)

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.

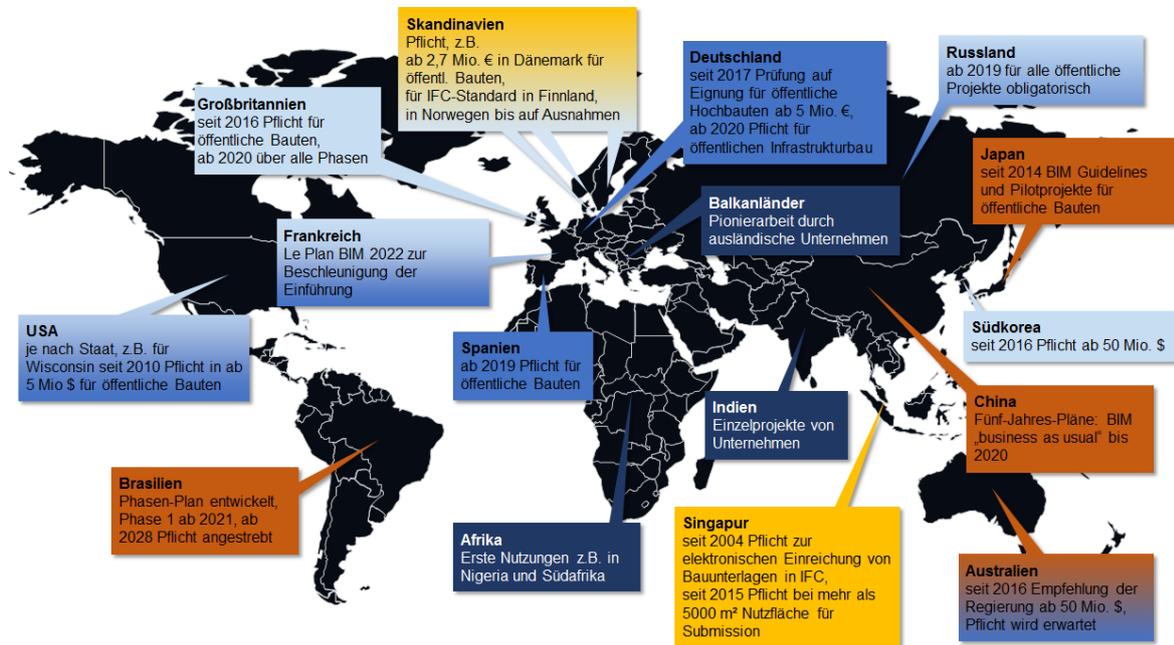


Abb. 2.1-17: Verbreitung von BIM (Stand 2019).

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).

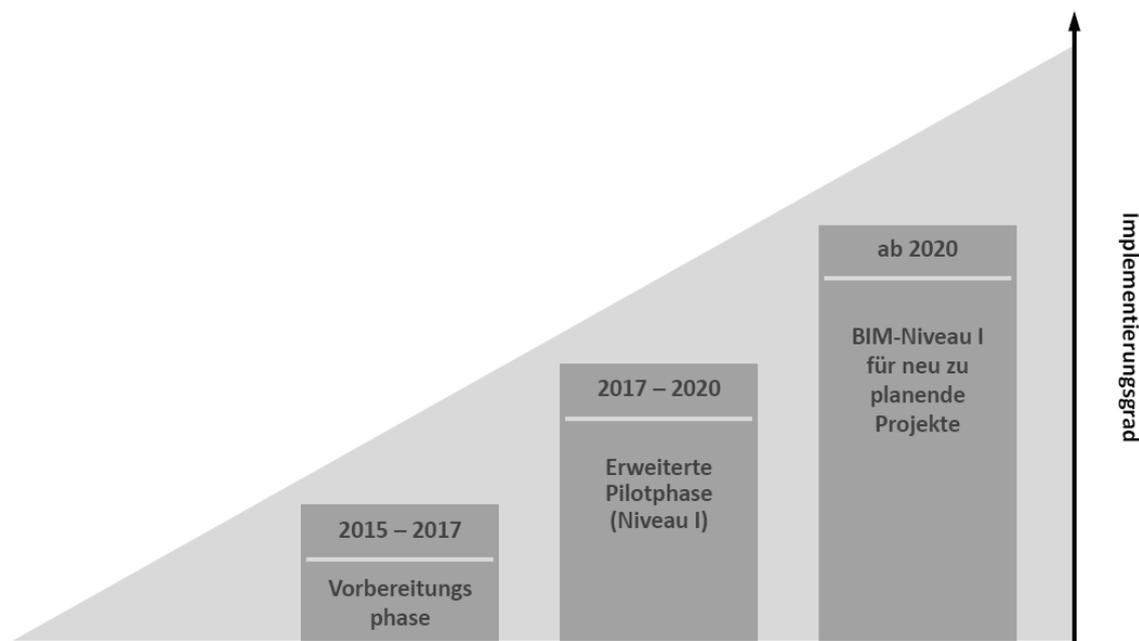


Abb. 2.1-18: Schematische Darstellung des BIM-Stufenplans (BMVI 2015b).

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) befindet man sich derzeit in der erweiterten Pilotphase (2. Stufe). In der zweiten Stufe wurden 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 soll auch der Kern eines Zielniveaus nach 2020 (3. Stufe) erreicht werden (BMVI 2017). Es sollen 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).

Das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) hat in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) und unter Beteiligung der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) einen Masterplan BIM für Bundes(hoch)bauten (Schönbach et al. 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).

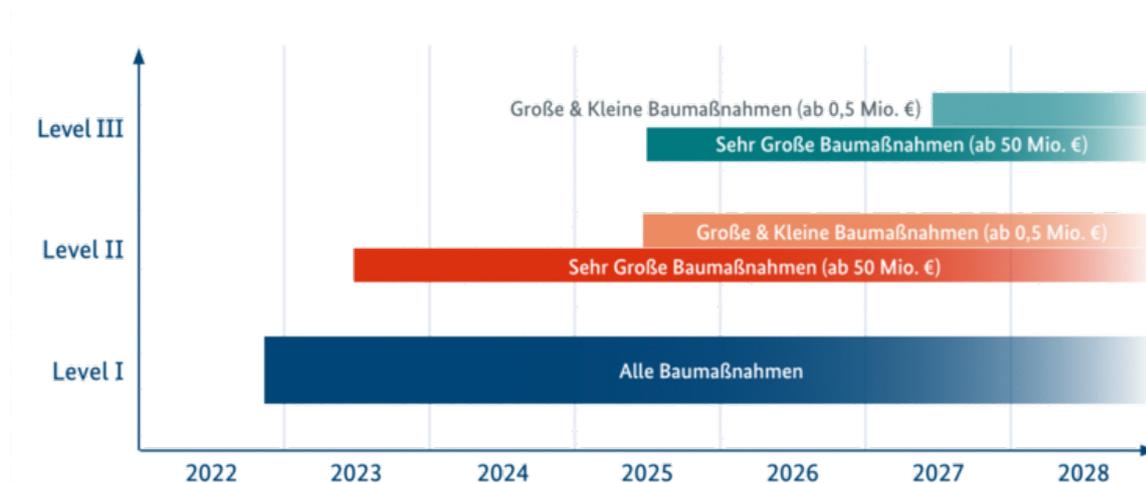


Abb. 2.1-19: Level (1-3) / verbindlicher Zeithorizont des Masterplan BIM für Bundesbauten (Quelle: Schönbach et al. 2021).

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).

Normungsgremien

Normen zu BIM werden für Deutschland durch das Deutsche Institut für Normung (DIN) in Zusammenarbeit mit dem VDI und der deutschsprachigen Sektion der 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 2.1-20).

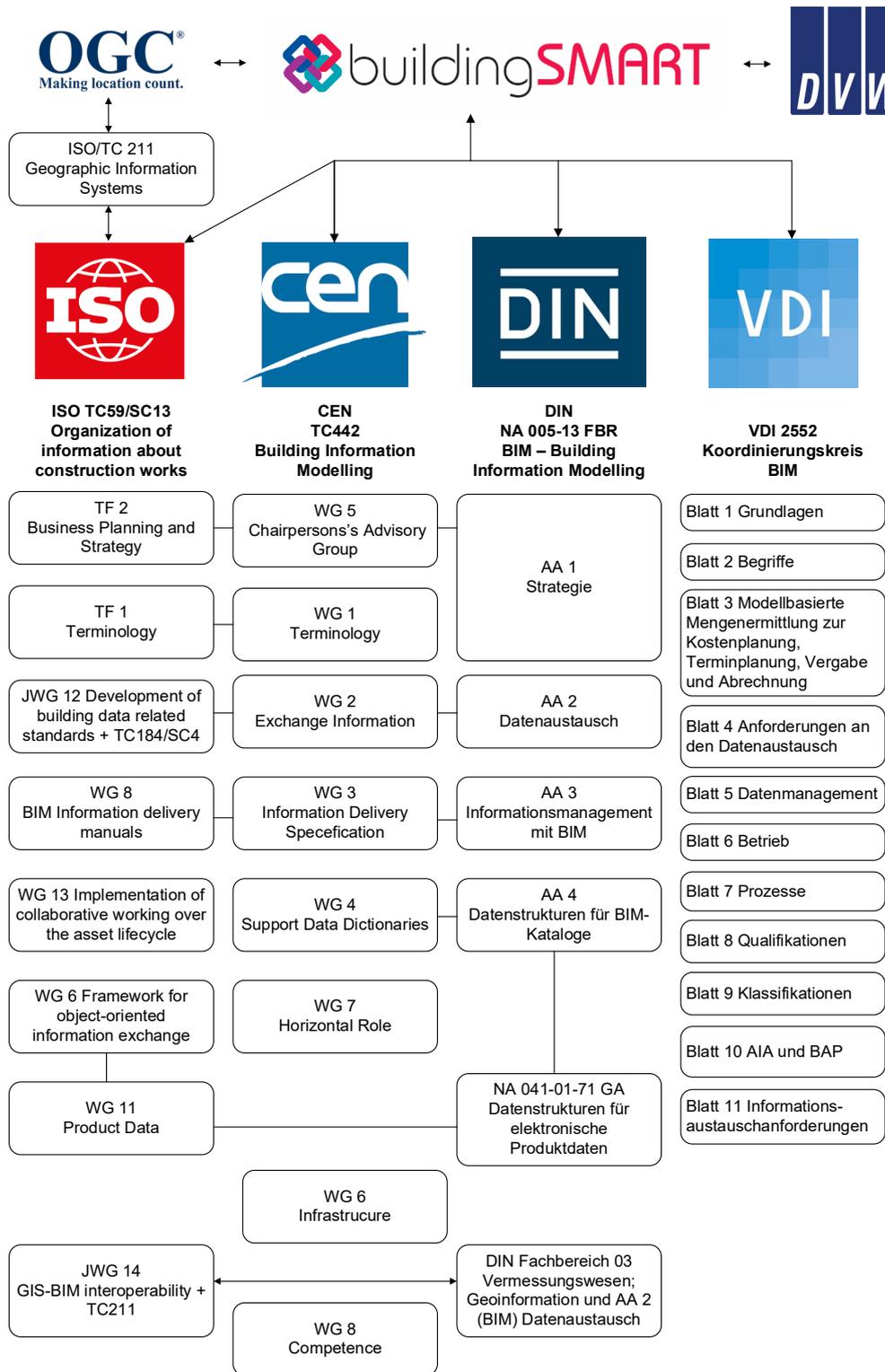


Abb. 2.1-20: Deutsche BIM-Regelsetzung und internationale Abhängigkeit mit Verknüpfungen zum Vermessungswesens und zur Geoinformation (Stand 08/2019).

Im Auftrag des BMVI hat das Deutsche Institut für Normung (DIN) in 2020 mit der Erarbeitung einer Normungsroadmap zum Thema BIM begonnen (Deutsches Institut für Normung 2020). Beteiligt sind

neben den Experten des DIN-Normenausschusses Bauwesen (NABau) (federführend der Fachbereich 13 „BIM – Building Information Modeling“) der Verein Deutscher Ingenieure (VDI), buildingSMART 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.

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 Zusammenführen 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 2.2).
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 2.2 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 2.1-21 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 Ingenieurbauwerke 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

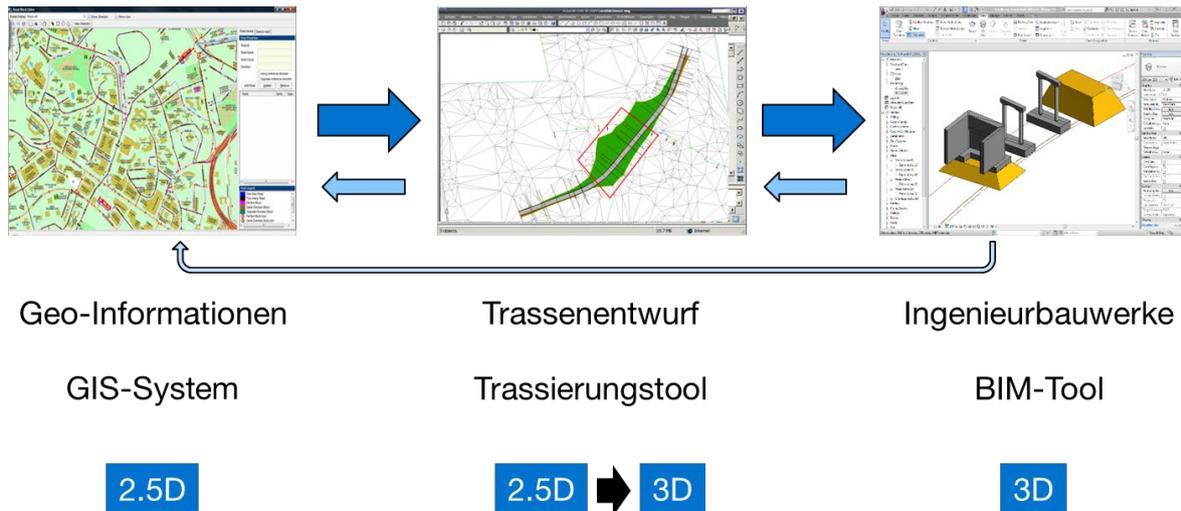


Abb. 2.1-21: Eine typische digitale Kette im Infrastrukturbau, bei der unterschiedliche Softwaresysteme mit unterschiedlichen Philosophien und Modellierungsparadigmen zusammenspielen müssen.

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 2.2 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. 2.1-22: Tunnel Fränkischweg, BIM-Projekt der Stadt Nürnberg (Quelle: Schüssler Plan).

Die entstandenen Studien und Berichte sind über die Webseite www.bim4infra.de beziehbar. Ein wichtiger Teil der Ergebnisse war die Definition von 20 Standard-Anwendungsfällen im Infrastrukturbau (Abb. 2.1-23) 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								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bestandserfassung										
AwF 1	Bestandserfassung	■	■							
Planung										
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		■	■	■	■				
Genehmigung										
AwF 9	Planungsfreigabe		■	■	■	■				
Vergabe										
AwF 11	Leistungsverzeichnis, Ausschreibung, Vergabe						■	■		
Ausführungsplanung und Ausführung										
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								■	
Betrieb										
AwF 20	Nutzung für Betrieb und Erhaltung									■

Abb. 2.1-23: 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.

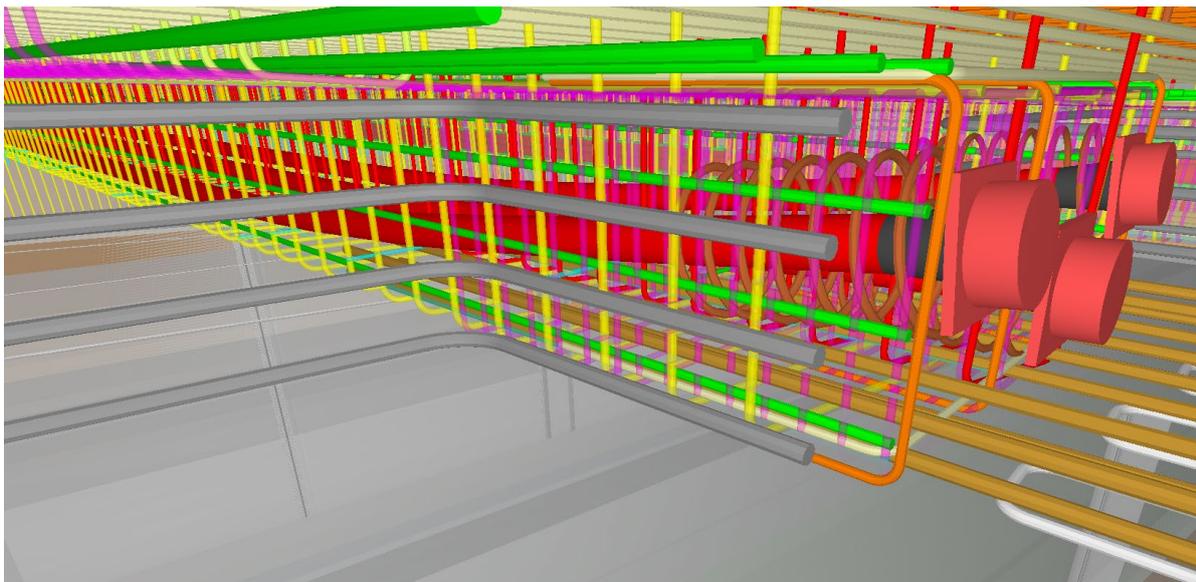


Abb. 2.1-24: Hochdetaillierte Modellierung der Bewehrung einer Spannbetonbrücke (Quelle: KBK Ingenieure).

Im Juli 2019 wurde das Nationale BIM-Kompetenzzentrum „BIM Deutschland“ als gemeinsame Initiative von BMVI und BMI ins Leben gerufen⁶. 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.

⁶ www.bimdeutschland.de



Abb. 2.1-25: 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 entstanden⁷. (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“⁸, dem Freistaat Bayern⁹ und dem Bundesland NRW¹⁰ genannt. Aber auch größere Kommunen haben vereinzelt schon Erfahrungen mit BIM gesammelt, darunter bspw. Nürnberg (u. a. Tunnel Frankenschnellweg) und München (Kennedybrücke).

⁷ <https://www.deges.de/building-information-modeling-bim>

⁸ <https://bim.hamburg.de/>

⁹ BIM-Leitfaden – Digitales Planen, Bauen und Betreiben im Bereich Straßen- und Brückenbau, Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr, 2021

¹⁰ <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 Betriebens 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).

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.
- 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.
- 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).
- 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 (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 (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.; Berkhahn, 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.; Donaubaue, 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 hersteller-unabhängiges 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. Wiesbaden: 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 (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 (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>.
- Deutsches Institut für Normung (2021): Normungsroadmap BIM – Entwurf – Stand: Juli 2021.
- 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).
- Forsmann, 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-Kompendium – 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.
- Heunecke, 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 Institute (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.
- Schönbach, R.; Aßmus, R.; Klemt-Albert, K.; Bergmann, M. (2021): Entwicklung des Masterplan BIM für Bundesbauten. In: Bauingenieur, 96 (5).
- 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 (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.; Gianinetto, 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-gebaeudetechnik/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 (Φ, Λ) 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.

Abbildungskorrektur

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-Korrektur beträgt damit je nach Abstand zum Mittelmeridian von der Örtlichkeit in das Koordinatenreferenzsystem +20 cm/km bis -40 cm/km.

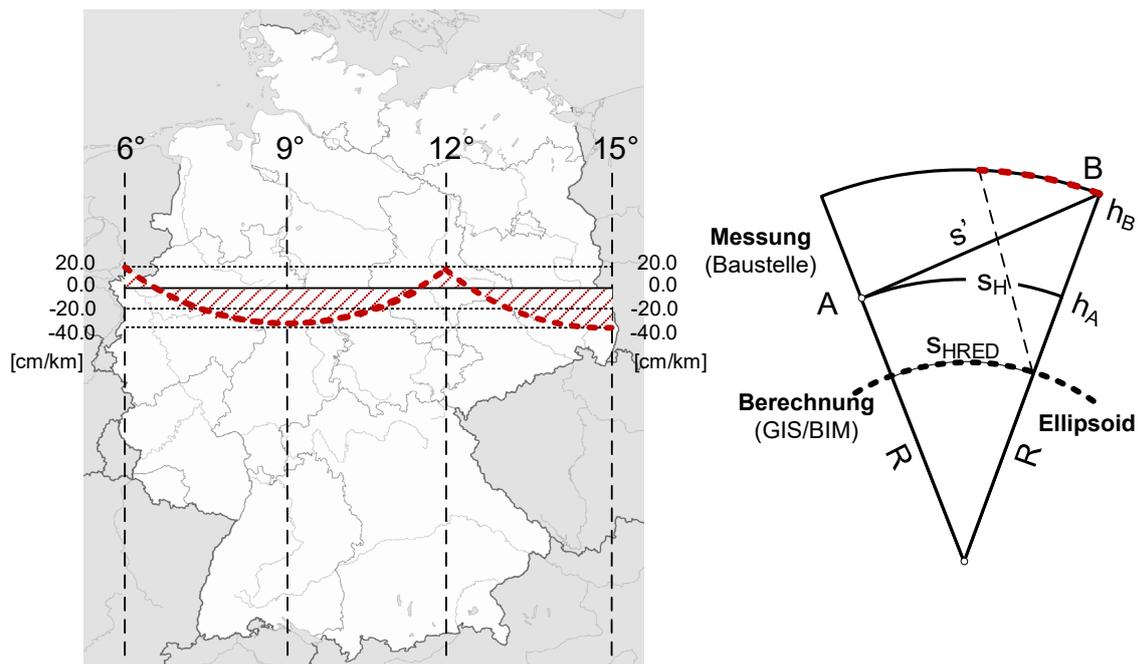


Abb. 2.2-1: UTM-Streckenreduktion in cm/km nach Heunecke (2017) (links) (Hintergrundkarte Wiki Commons) und Streckenreduktion aufgrund der Höhe (rechts).

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 cm/km beim Übergang von der Örtlichkeit in das Modell: $s_{Hred} = s_H \cdot (1 - h_{ellipsoid} / R)$ mit der Höhe h über dem Ellipsoid und dem mittleren Erdkrümmungsradius R (= ca. 6381 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 Abbildungskorrektion aufgrund der Abbildung der gekrümmten Fläche in die Ebene
- der Höhenkorrektur aufgrund der Divergenz der Lotlinien mit der Höhe und
- der Erdkrümmungskorrektion (die i. d. R. vernachlässigt werden kann),

wobei sich die Korrekturen kumulieren oder teilweise gegeneinander aufheben können.

Üblich ist die Gebrauchsformel: $s_{UTM} = s_H * 0,9996 * (1 - h_{ell}/R + y_{Merid}^2/(2 * R^2))$ mit h_{ell} = Höhe über dem Ellipsoid [km], y_{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 cm/km und eine Höhenreduktion von -14 cm/km, zusammen also eine resultierende Reduktion von -54 cm/km und damit einen Projektmaßstab von 0,999460 von der Örtlichkeit in das Koordinatenreferenzsystem ETRS89/UTM.

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.

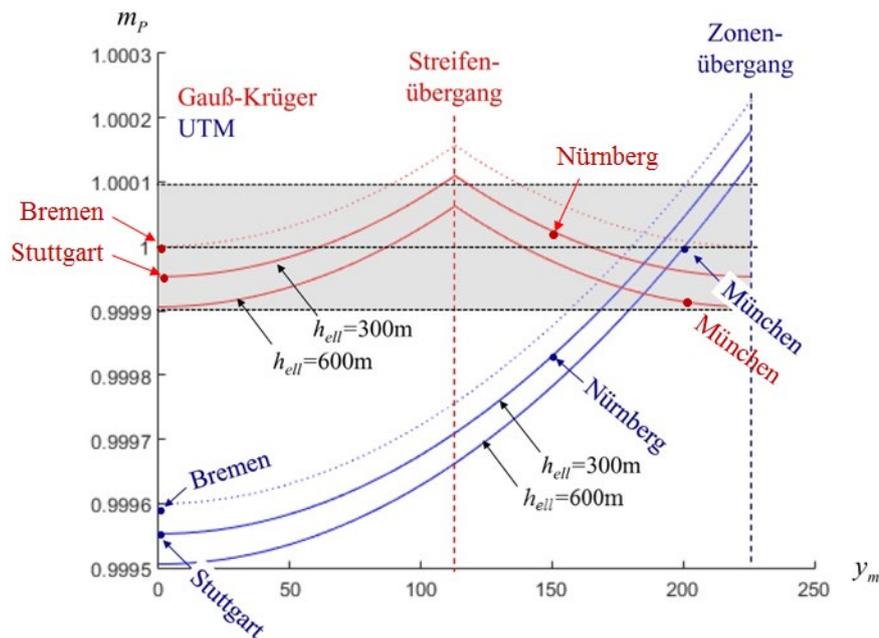


Abb. 2.2-2: Projektmaßstäbe (m_p) exemplarischer Städte im Vergleich. Maßstab der GK- und UTM-Abbildung abhängig vom Abstand zum Mittelmeridian (y_m) sowie Maßstab aufgrund der Höhe über dem Ellipsoid (h_{ell}) (Heunecke 2017).

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.

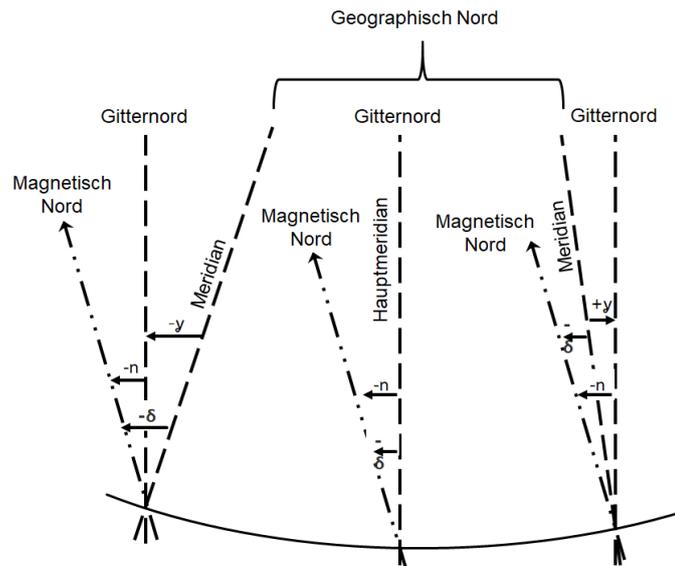


Abb. 2.2-3: Meridiankonvergenz γ , Deklination δ und Nadelabweichung η in einem Meridianstreifensystem (Witte et al. 2020).

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 Δh , 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 Übergangszone 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
- α = 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.

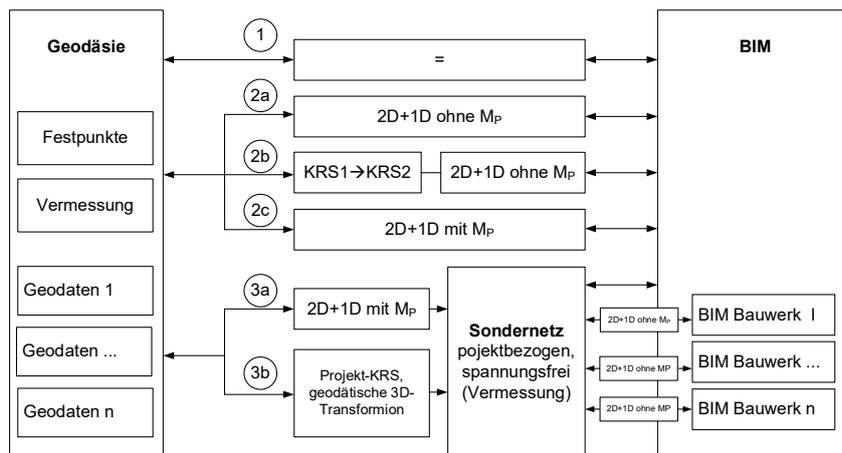


Abb. 2.2-4: Übersicht zu den vorgestellten Varianten für pragmatische Ansätze zur Georeferenzierung von BIM-Modellen.

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 Mindestradien, 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.

	Geodätische Koordinatenreferenzsysteme (KRS) für Geodaten und Vermessung	Transformation zwischen Geodaten/ Vermessung und BIM	Bezug BIM Koordinatensystem	Anwendung und Bemerkung
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 Projektbasiertes (X_0, Y_0) werden im BIM-Projekt einheitlich festgelegt und angewendet. Die Nordrichtung α , 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.

	Geodätische Koordinatenreferenzsysteme (KRS) für Geodaten und Vermessung	Transformation zwischen Geodaten/Vermessung und BIM	Bezug BIM Koordinatensystem	Anwendung und Bemerkung
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. ± 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 (Maßstabsgradienten).

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 Koordinatenreferenzsystem (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 Mengenerrechnungen 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 Transformation 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, δ, 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 (Φ , Λ), 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.

	Geodätische Koordinatenreferenzsysteme (KRS) für Geodaten und Vermessung, Transformation zwischen Geodaten \rightarrow Vermessung	Transformation zwischen Vermessung \rightarrow BIM	Bezug BIM Koordinatensystem	Anwendung und Bemerkung
3a	<p>Geodaten: Georeferenziert 2D+1D, Festpunkte</p> <p>Transformation I: 2D+1D $f(X_0, Y_0, \alpha, M_P, H)$</p> <p>Vermessung: spannungsfreies, lokal-georeferenziertes Sondernetz</p>	<p>Transformation II: Vermessung/ Sondernetz \rightarrow BIM: wie 2a: $f(X_0, Y_0, \alpha, H)$</p>	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	<p>Geodaten: Georeferenziert 2D+1D, Festpunkte</p> <p>Transformation I: geodätische 3D-Datumstransformation, mit ortsbezogener Projektion</p> <p>Vermessung: neues, projektbezogenes KRS, (2D+1D oder 3D), spannungsfreies, global-georeferenziertes Sondernetz</p>	<p>Transformation II: Vermessung/ Sondernetz \rightarrow BIM: wie 2a: $f(X_0, Y_0, \alpha, H)$</p>	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 Entfernung 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.

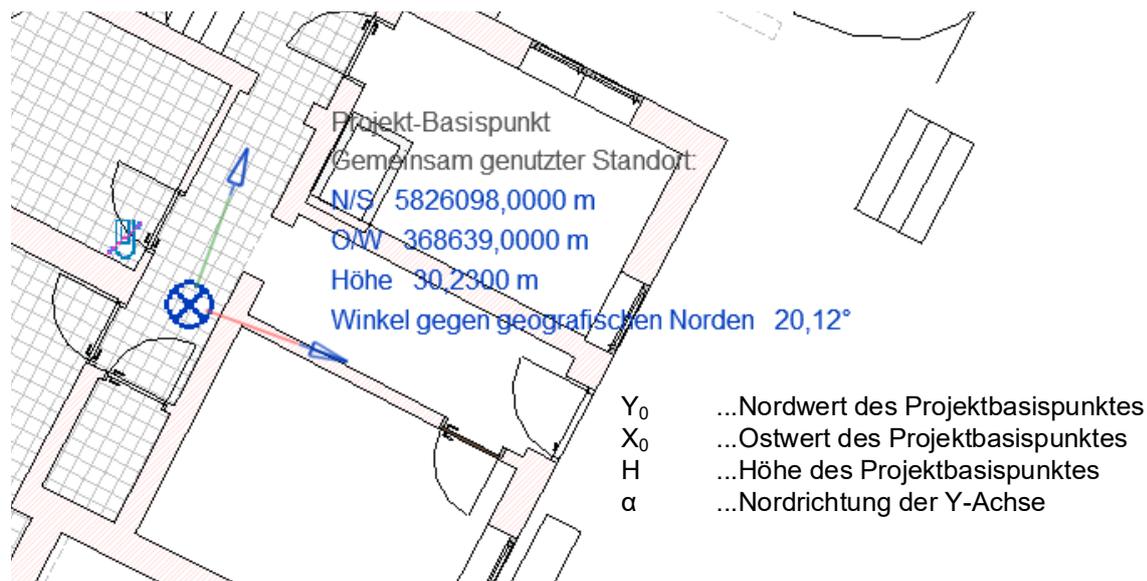


Abb. 2.2-5: Georeferenzierter Projektbasispunkt in der BIM Autorensoftware Autodesk Revit.

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.

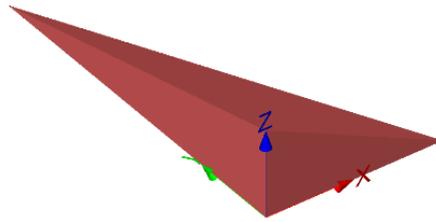


Abb. 2.2-6: Volumetrischer Koordinationskörper für die Prüfung der Georeferenzierung (Schapke 2020).

Einige Softwaresysteme bieten auch die Möglichkeit, Transformation-Parameter zwischen ingenieurgeodätischen 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 herstellereigenen 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.

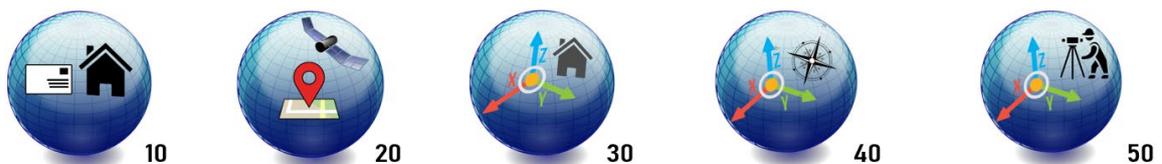


Abb. 2.2-7: LoGeoRef – eine einfache Metrik für die Qualität der Georeferenzierung von Bauwerksmodellen.

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 Projektsystem 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.

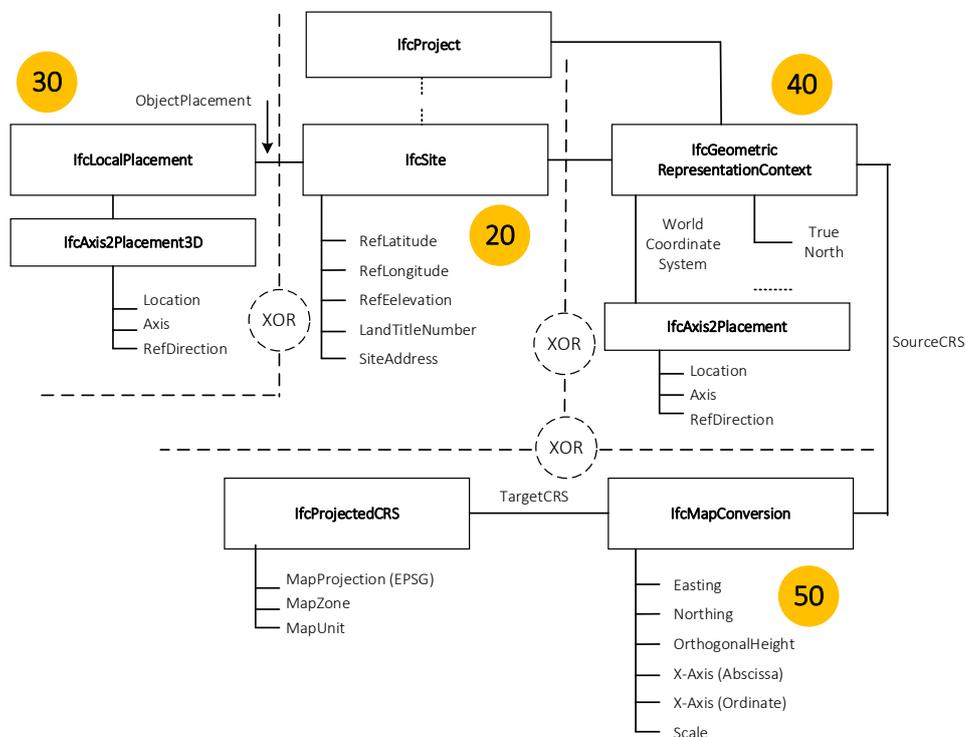


Abb. 2.2-8: Die Industry Foundation Classes (IFC) weisen viele unterschiedliche Konzepte für die Georeferenzierung aus. Mit den Level of Georeferencing (LoGeoRef) (Clemen & Görne 2019) kann vereinbart werden, welches Konzept bei der Datenübergabe in einem BIM Projekt verwendet werden soll.

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.; Donaubaue, 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 Donaubauer, Robert Kaden, Robert Seuß, Ulrich Gruber 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 & Donaubauer 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 überwinden 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,
1. der Skalenbereich (Ausdehnungsbereich) und Inhalt,
2. der Detaillierungsgrad,
3. die Geometrirepräsentation,
4. die Georeferenzierung und
5. 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).

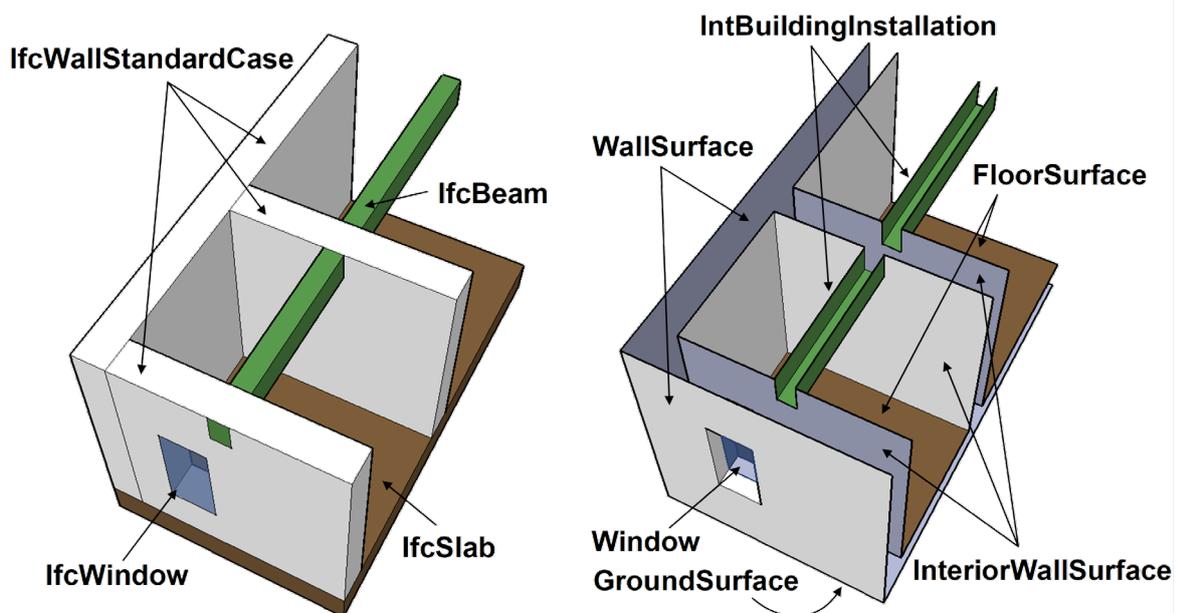


Abb. 2.3-2: Darstellung der unterschiedlichen Modellierungsparadigmen am Beispiel eines Modellausschnitts mit den entsprechenden Objektklassen in IFC- und CityGML (Nagel et al. 2009).

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.

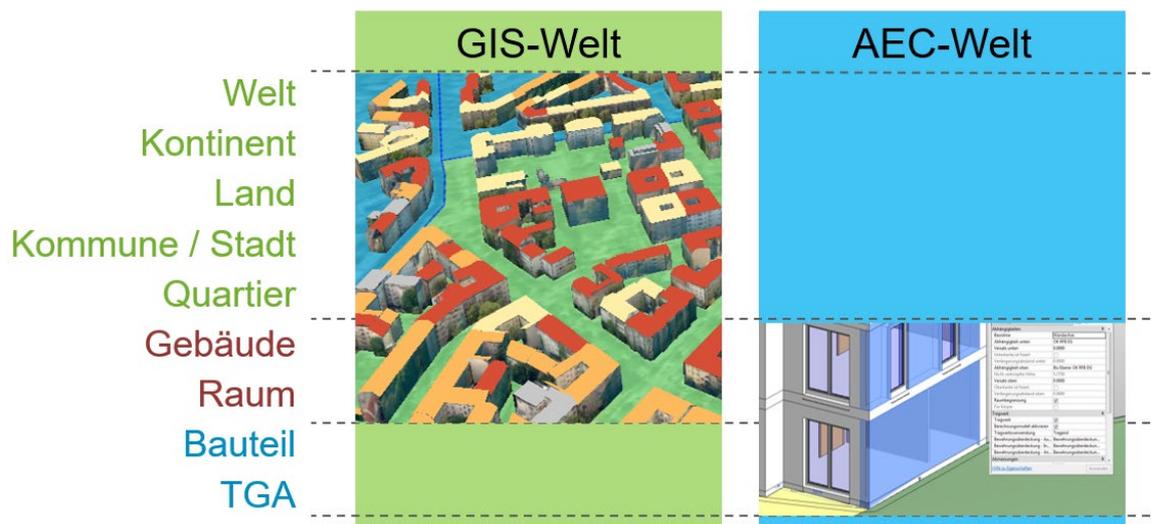


Abb. 2.3-3: Darstellung der Skalenbereiche und Inhalte der GIS- und BIM-Welt.

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.

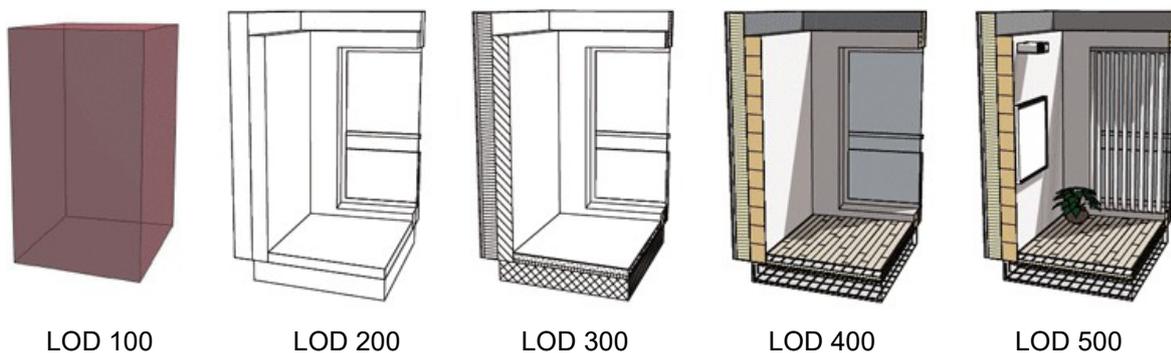


Abb. 2.3-4: Level of Development (LOD) (Fertigstellungsgrad) der Bauteile eines Raums in BIM (Aardeplan 2014).

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.

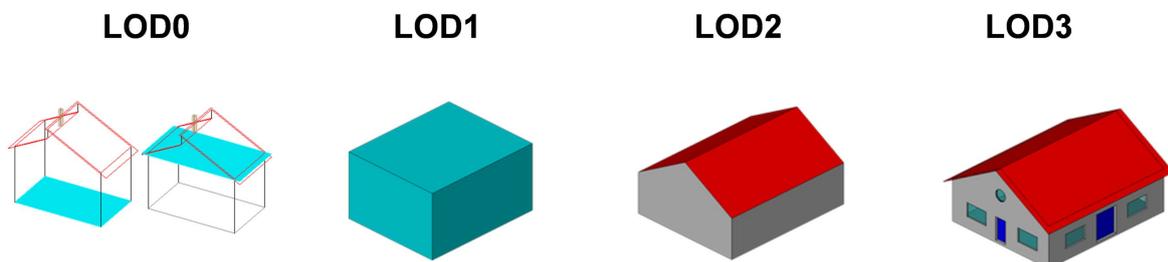


Abb. 2.3-5: Repräsentation eines Gebäudes (Gebäudehülle) in LOD0 bis LOD3 (Kolbe et al. 2021).

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. Geometrierepräsentationen** 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).

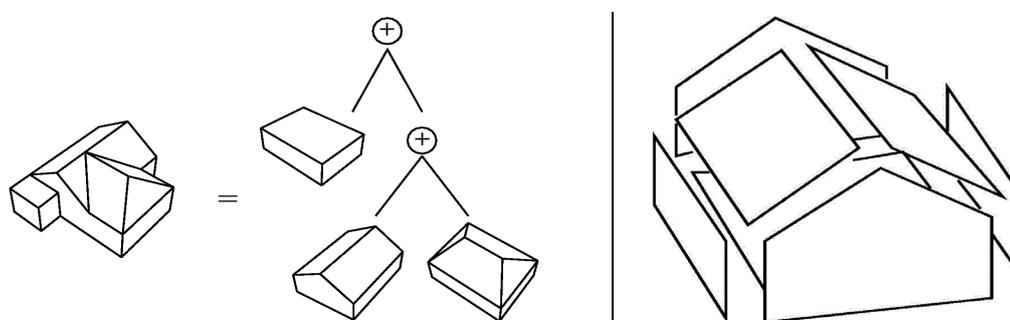


Abb. 2.3-6: Geometrierepräsentation in BIM durch parametrische Elemente, CSG oder Sweep und logischer Verknüpfung der Grundelemente (links) und in GIS durch Akkumulation aller umschließenden Begrenzungsflächen (B-Rep) (rechts). Adaptiert von (Kolbe & Plümer 2004).

Die parametrische Geometrierepräsentation 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)
Einheit	Verschieden <i>Definiert durch Ersteller</i> ggf. Umrechnung der Einheiten erforderlich	Meter Definiert durch CRS
Abdeckung	Lokal <i>Begrenzt durch Planungsgebiet</i> Bei größeren Baugebieten werden z. T. mehrere PCS definiert	Welt Begrenzt durch Definition des CRS
Zonenwechsel	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
Koordinatenlänge	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
Abbildungsverzerrung	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
Höhenreduktion:	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 LandInfra 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.

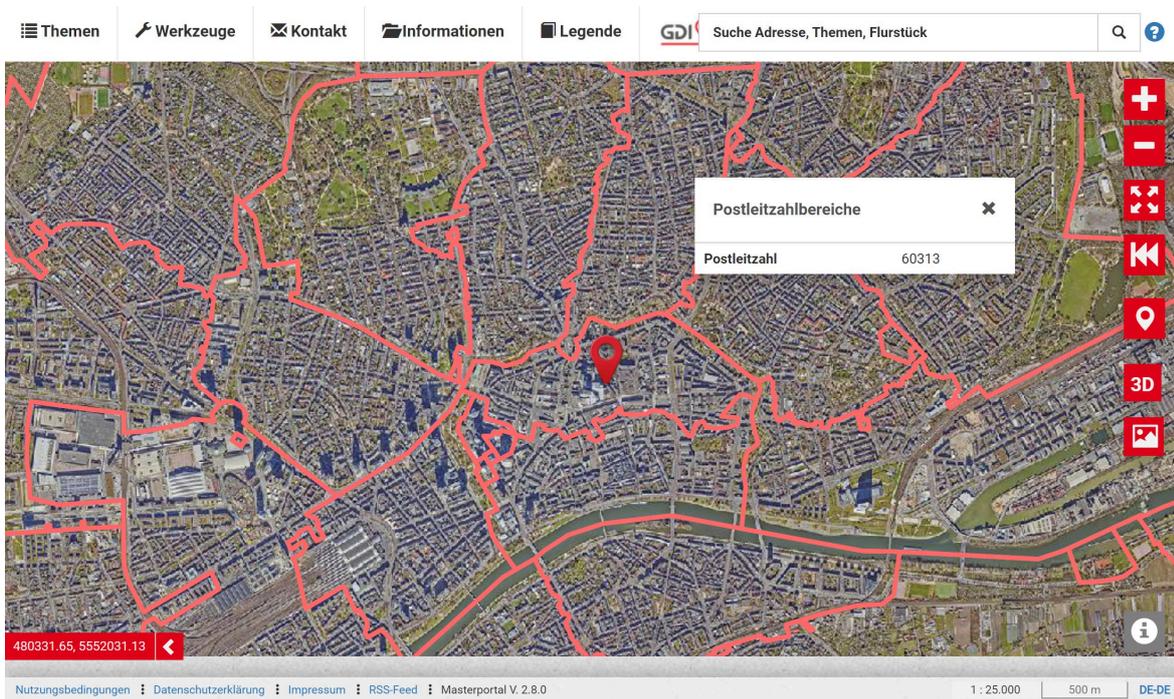
2.3.3 Geobasis- und Geofachdaten als Planungsgrundlage und Visualisierungsinstrument

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 3.2.1). 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 ± 10 cm + 5 % der Gitterweite und bei stark geneigtem Gelände mit dichter Vegetation bei bis zu ± 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 ± 30 cm und in der Höhe von ± 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.

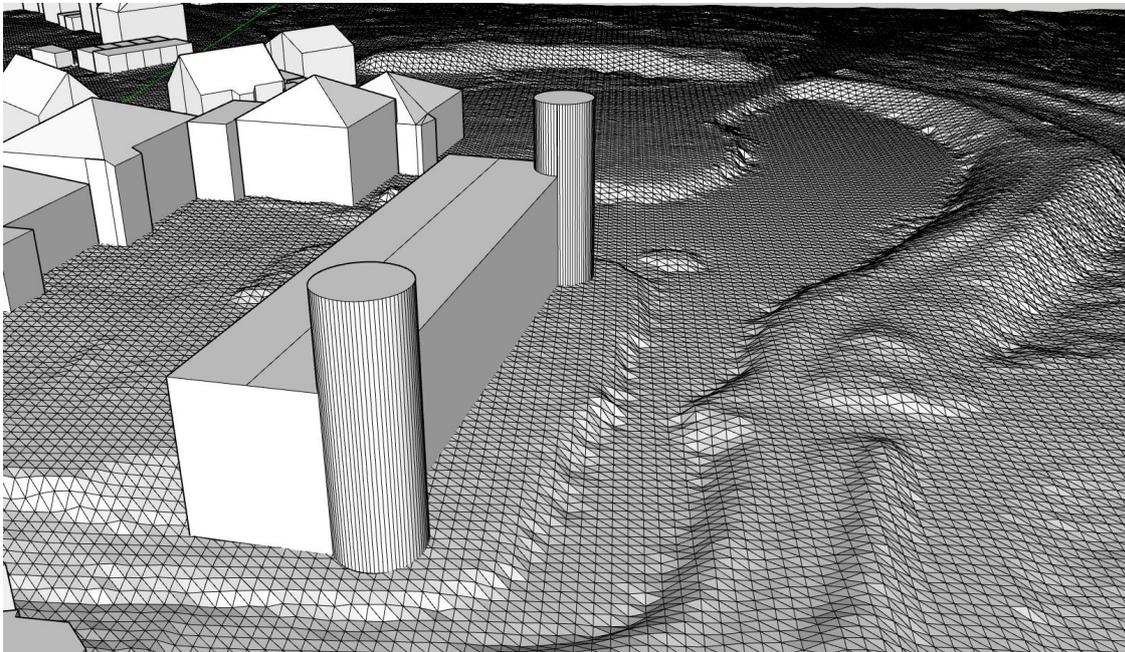


Abb. 2.3-11: Trianguliertes DGM1 im Kreis Recklinghausen.

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 & Donaubaer (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 Laat & 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 (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 (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.
- 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 2013), aktuell vom 10. Juli 2013, geregelt. Zu den rechtlichen Aspekten sei im Übrigen auf Kapitel 2.5 und das jüngste Urteil des Europäischen Gerichtshofs (EuGH, Urt. v. 04.07.2019, Az, C-377/17) verwiesen. Nach HOAI 2013 Anlage 1 Nr. 1.4.1 gilt: „Leistungen der Ingenieurvermessung können 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 einbeziehen, 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 bzw. das Arbeiten mit BIM 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 2.2). 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 Geländeverhältnisse 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 Bebauungsgebieten, 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). Dabei werden moderne Standards aus der Bauleitplanung wie XPlanung¹¹ und der Bauaufsicht (XBau¹²) berücksichtigt (siehe auch Kapitel 3.2.11).

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.

¹¹ <https://www.it-planungsrat.de/DE/Projekte/AbgeschlosseneProjekte/Geodaten/XPlanung/XPlanung.html>

¹² <https://www.xrepository.de/details/urn:xoev-de:bmk:standard:xbau>

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 2016, 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
LOA10	User defined	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 2016).

Klasse	Standardabweichung σ_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 5.1.10, 3.1.3).

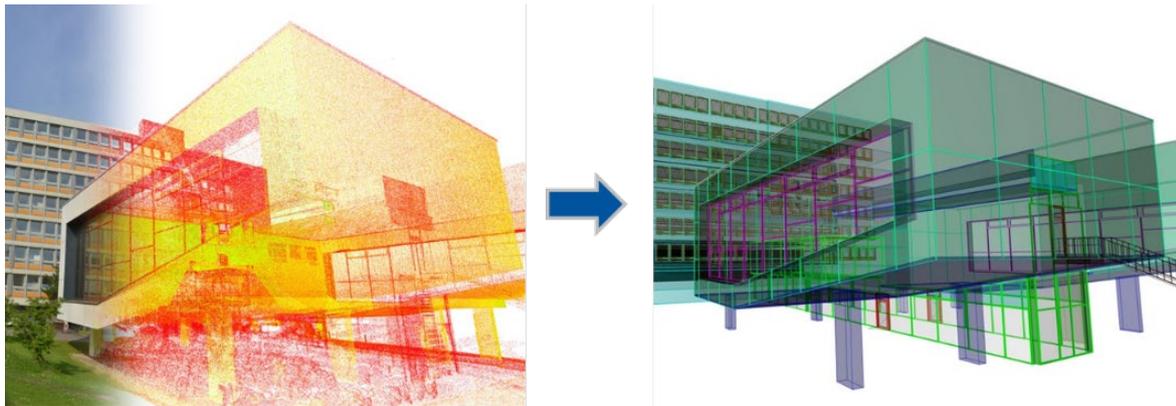


Abb. 2.4-1: Flächenhafte Datenerfassung und Modellierung.

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 (Entities, 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.

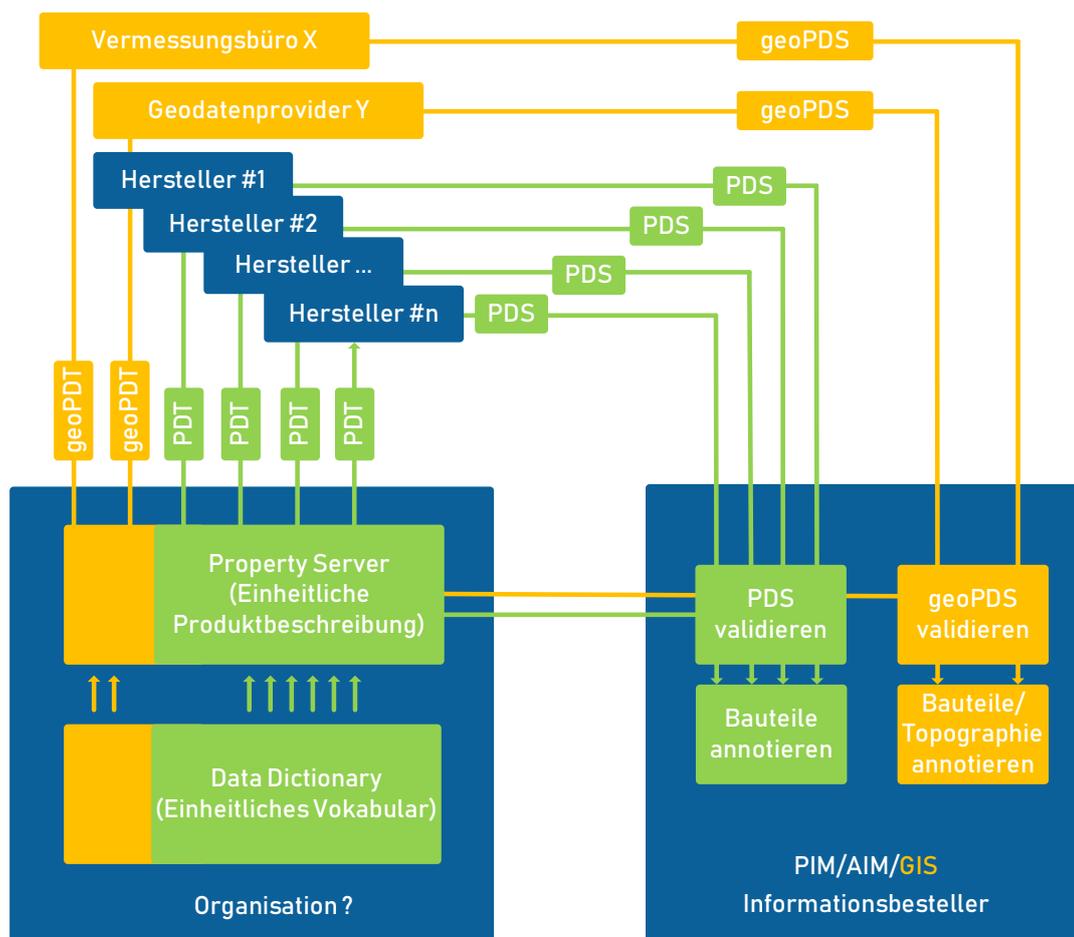


Abb. 2.4-3: Produktdaten Templates (PDT) für die einheitliche Beschreibung von Bauprodukten (grün) und geodätischen Produkten (orange) (Clemen 2019).

Welche Bedeutung hat diese Systemarchitektur für Geodäten? Im Unterschied zu Bauprodukthherstellern 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, Mengenberechnungen 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 Absteckeelemente 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.

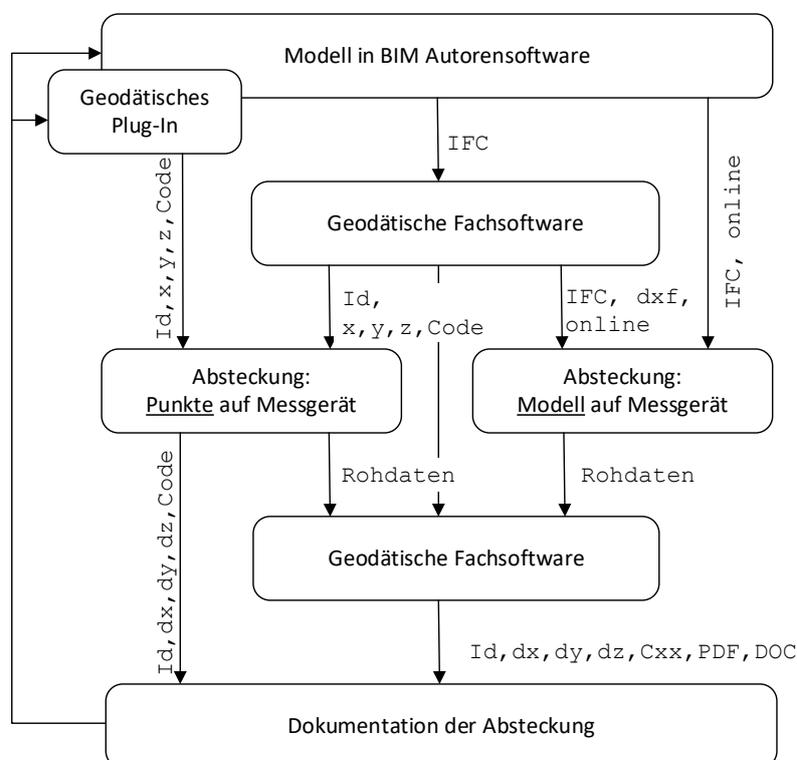


Abb. 2.4-4: Prinzipskizze der möglichen BIM-basierten Absteckung.

Von entscheidender Bedeutung sind die im BIM gewählten und in der Örtlichkeit zur Verfügung stehenden Bezugssysteme zur Georeferenzierung (siehe auch Kapitel 2.2). Bei großen, aber örtlich begrenzten Bauprojekten ist die Wahl eines verzerrungsfreien, örtlichen kartesischen Bauwerkskoordinatensystems (vgl. Kapitel 2.2) 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.

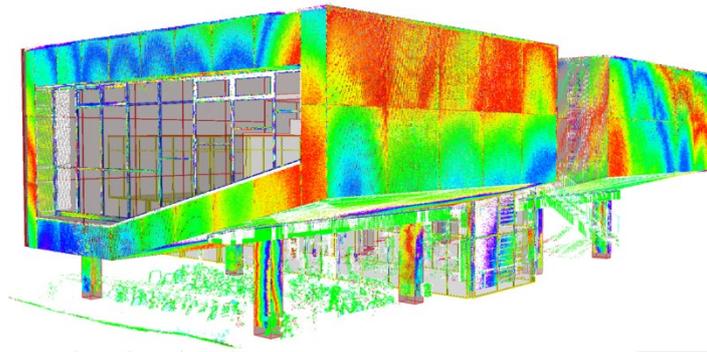


Abb. 2.4-5: Vergleich einer TLS-Punktwolke mit einem as-planned Modell.

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.

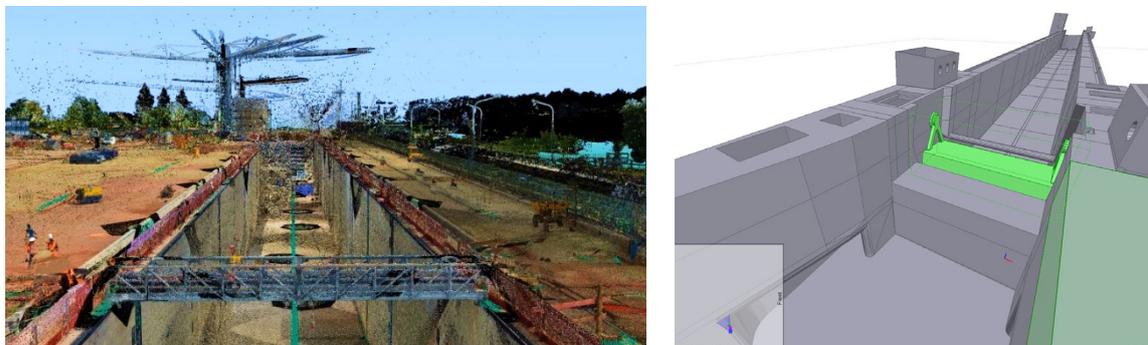


Abb. 2.4-6: Neue Schleuse Trier: Drohnen- und Laserscanneraufmaß (links), As-is-Modell (rechts).

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 Vorbereitung 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 2.2) 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 (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.
- 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-Kompodium – Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Stuttgart: Fraunhofer IRB. ISBN 978-3-8167-9489-9.
- HOAI 2013: Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure – HOAI), 2013.
- 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.; Donaubauer., 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 vermessungs-nachrichten (avn), 83 (5), S. 161-166.
- Thurner, 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 (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 AuftraggeberInformationsanforderungen (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.¹³ 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

¹³ 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 einzustehen¹⁴. 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. BGB¹⁵, nach der Abnahme gemäß den Mängelrechten des Werkvertragsrechts, § 634 BGB¹⁶. 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 Bauunternehmern¹⁷. 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 ist¹⁸. 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 soll¹⁹. 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

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

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

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

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

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

¹⁹ 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).

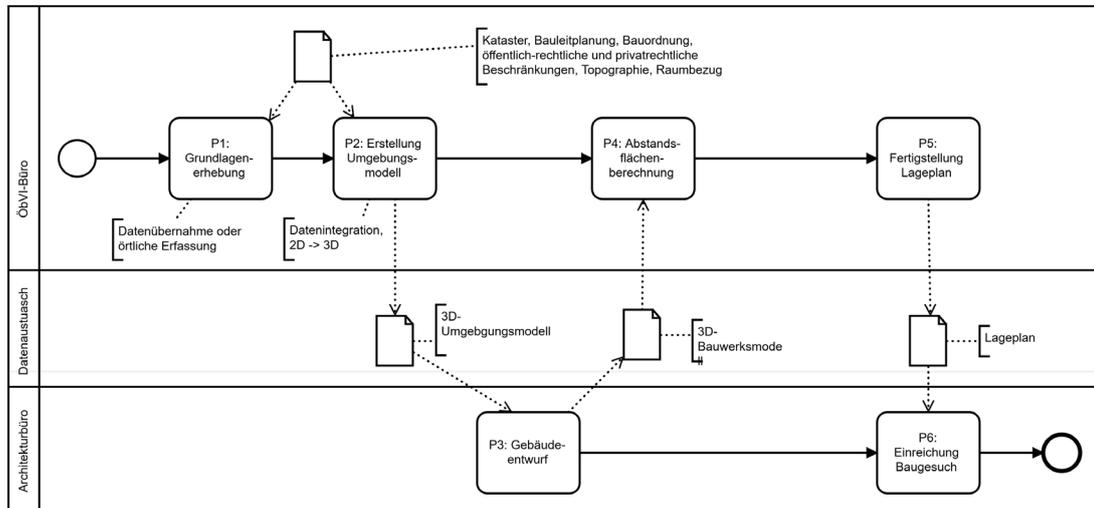


Abb. 2.6.1-1: Prozess zur Erstellung eines 3D-Lageplans.

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 2.2).

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:

1. 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, Veränderungsperren, 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.

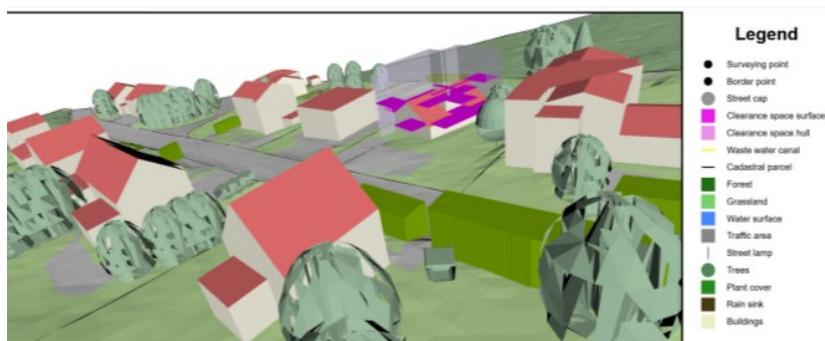


Abb. 2.6.1-2: Visualisierung eines dreidimensionalen Lageplans nach der CityGML SitePlan ADE (Müller 2021).

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.

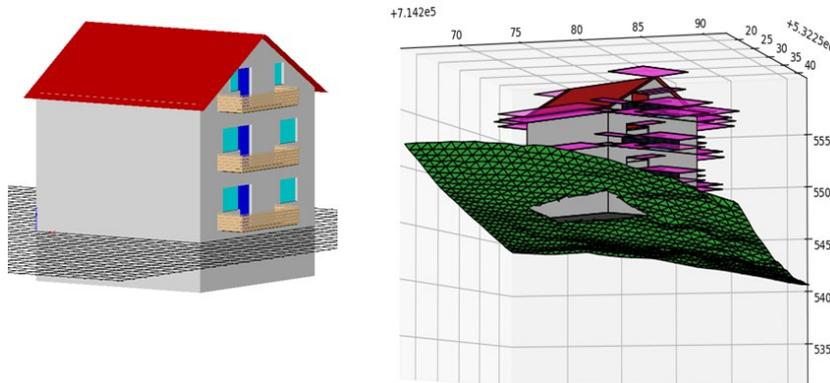


Abb. 2.6.1-3: Automatisierte Abstandsflächenberechnung. Links das Input-Gebäude und Geländemodell, rechts das Ergebnis der Berechnung mit den einzelnen Teilflächen (Müller 2021).

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).

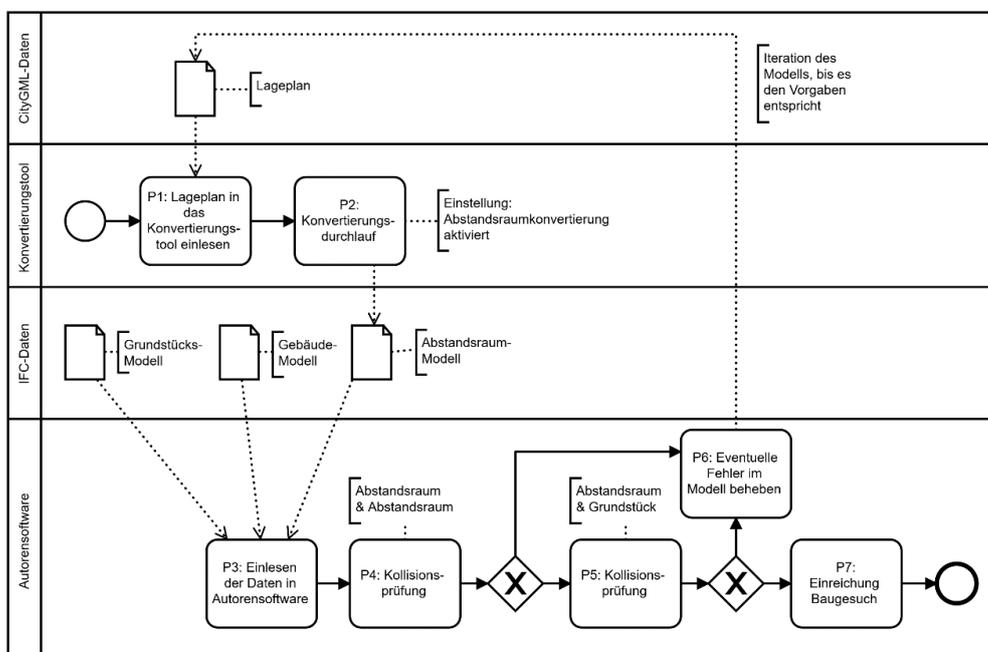


Abb. 2.6.1-4: Prozessdiagramm zur Konvertierung von Gebäuden und Abstandsräumen von CityGML nach IFC zur Integration in BIM-Software.

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 herstellernerneutrale 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.

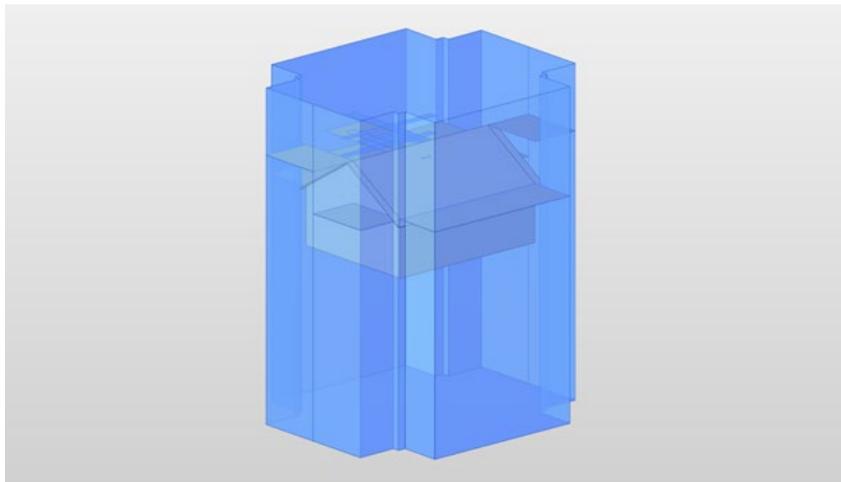


Abb. 2.6.1-5: Gebäude mit Abstandsraum in der Autorensoftware Revit.

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:

1. 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.
2. 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)).

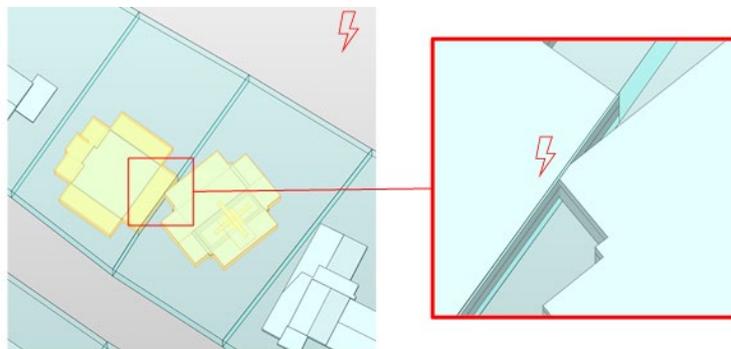


Abb. 2.6.1-6: Kollisionsprüfung des Abstandsraums mit dem benachbarten Abstandsraum bzw. der Grundstücksgrenze in der Autorensoftware Revit.

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.

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.

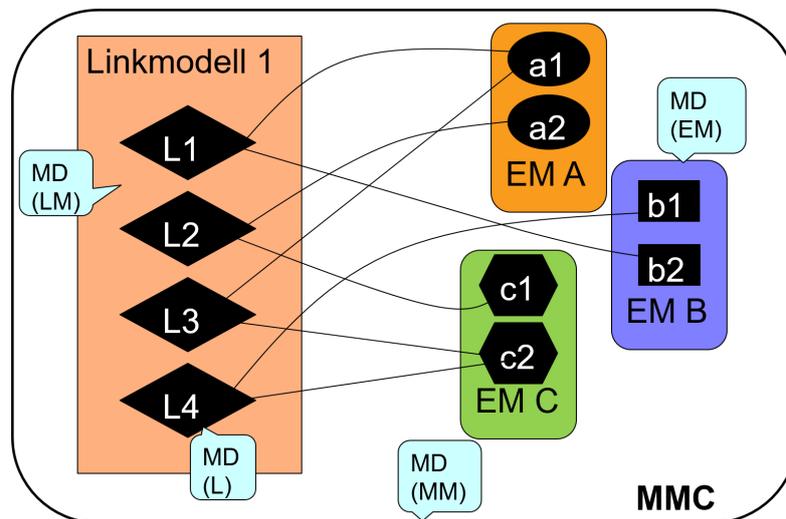


Abb. 2.6.1-7: Kernkonzept eines Multimodellcontainers (MMC) nach Fuchs (2015).

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.

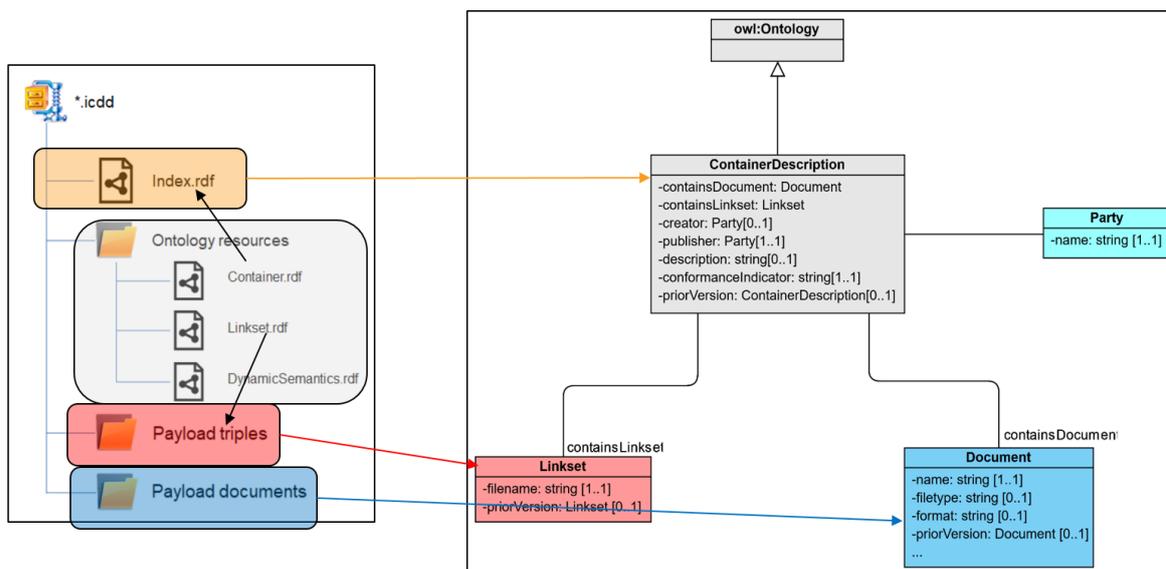


Abb. 2.6.1-8: ICDD Kernkonzept und Aufbau.

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/>.

2.7 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*.

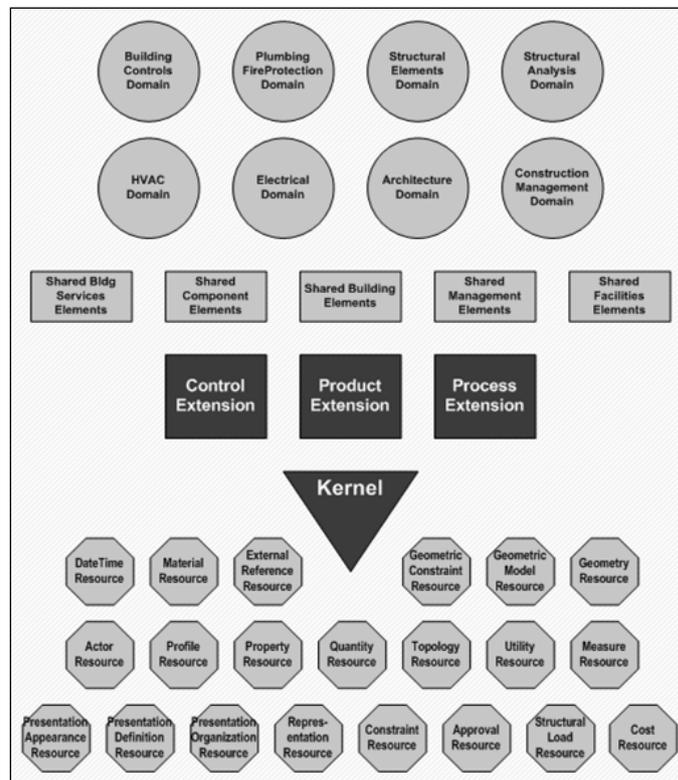


Abb. 2.7-2: IFC-Layerstruktur (buildingSMART 2013).

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.

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.

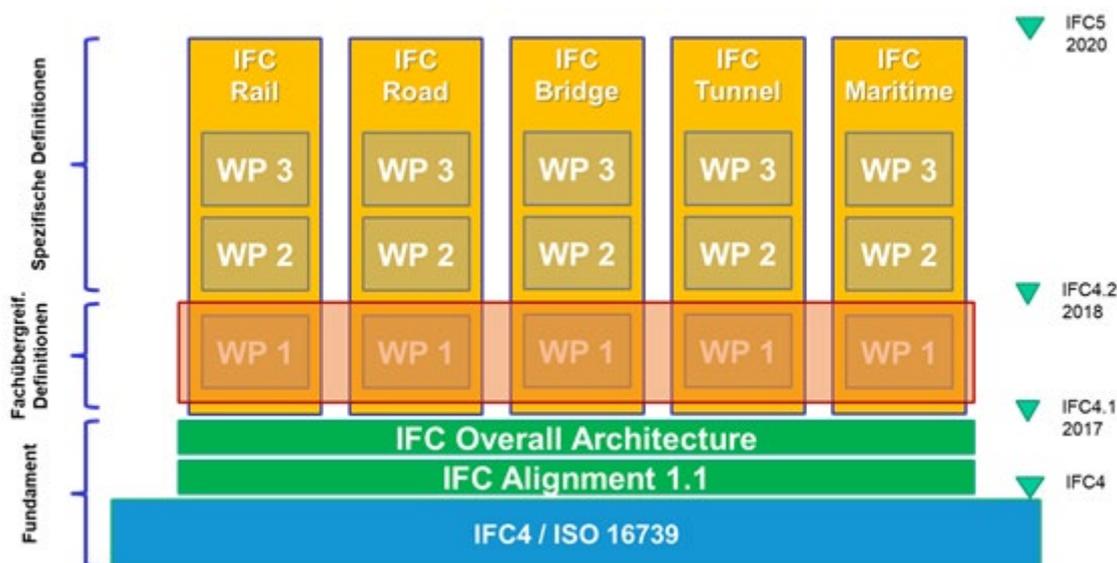


Abb. 2.7-3: Schrittweise Erweiterung des IFC-Datenschemas um Elemente des Infrastrukturbaus.

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)²⁰ sind beispielsweise 3D-Modelle aller Gebäude in Deutschland harmonisiert im CityGML-LOD1 und -LOD2 verfügbar.

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, München, Hamburg, Wien und Zürich. 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 (Kolbe et al. 2021) entwickelt und 2021 verabschiedet.

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

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

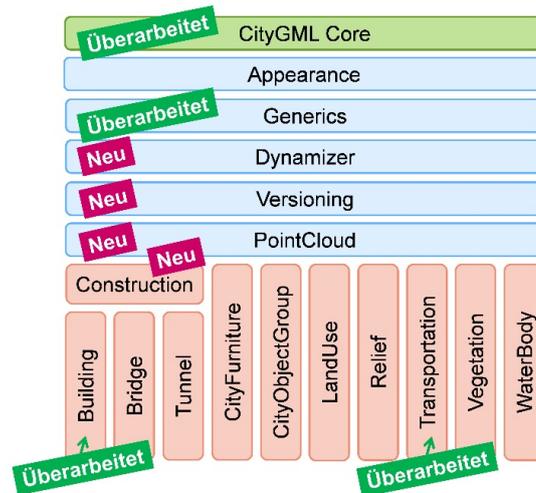


Abb. 2.7-4: Modulübersicht von CityGML 3.0. Die vertikalen Kästchen repräsentieren die verschiedenen thematischen Module. Die horizontalen Kästchen repräsentieren Module, die allgemeine Konzepte für die thematischen Module bereitstellen.

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.

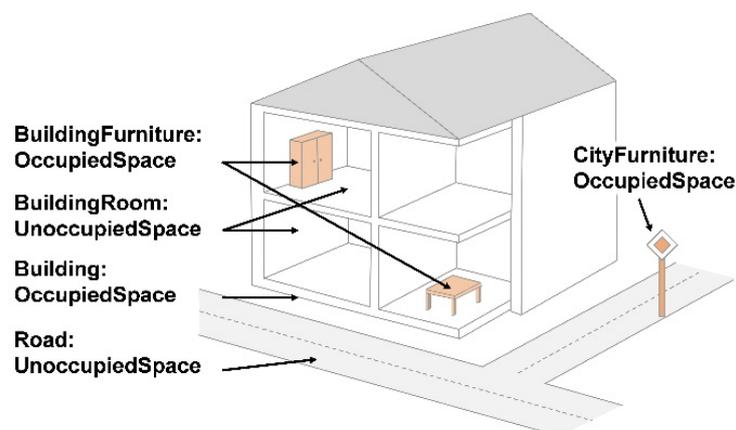


Abb. 2.7-5: CityGML-Objekte, die belegte und unbelegte Räume repräsentieren.

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-citygml3²¹ 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.

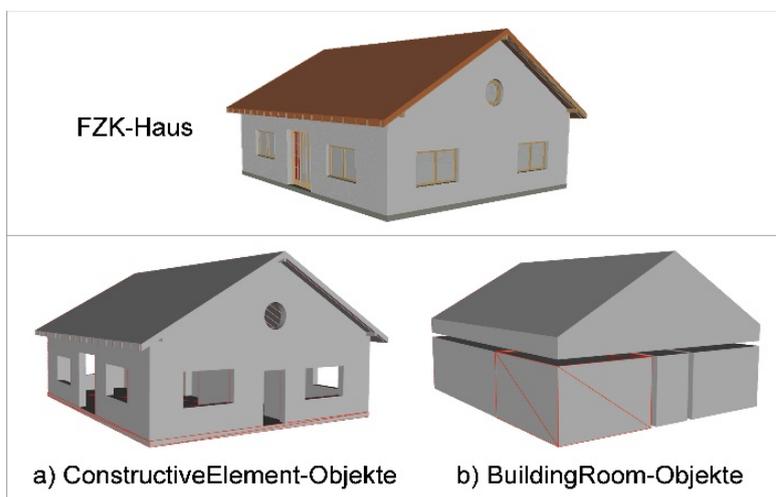


Abb. 2.7-6: a) ConstructiveElement-Objekte, die aus den IFC-Objekten IfcWallStandardCase, IfcBeam, IfcSlab und IfcMember erzeugt wurden; b) BuildingRoom-Objekte, die aus der IFC-Objektart IfcSpace erzeugt wurden.

²¹ <https://github.com/tum-gis/ifc-to-citygml3>

Neben Bauwerken können in CityGML viele weitere Objekte der gebauten und der natürlichen Umwelt repräsentiert werden, sodass umfassende 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle erzeugt werden 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 des Straßenraummodells ist in Beil et al. (2020) sowie Beil & Kolbe (2020) 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

- *ExternalReferences* 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“ 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 5.4 zur Verfügung. Auf der XLeitstelle-Homepage (<http://www.xleitstelle.de>) 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 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-Basischemas 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-Basischema 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.



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

In der oberen 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. 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.

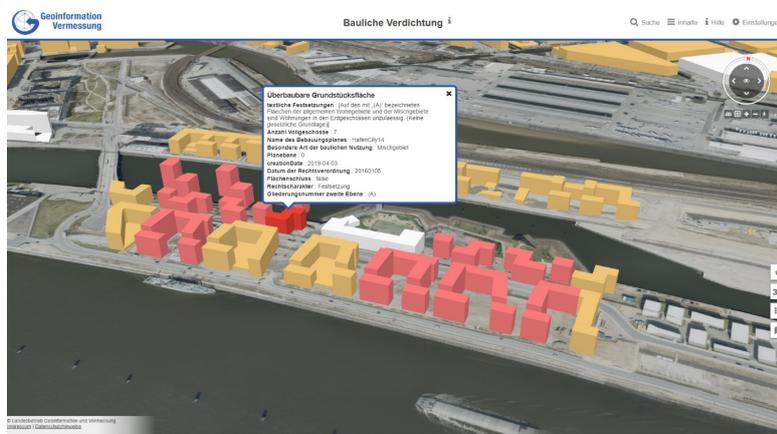


Abb. 2.7-9: 3D-Visualisierung von Festsetzungen eines Bebauungsplans in CityGML.

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. für die Repräsentation der Realweltobjekte im BIM (und auch für das *Urban Information Modeling*) ungeeignet, da sie nur auf Geometrie und Darstellung fokussiert sind. Beispiele sind VRML, X3D, U3D,

3DS, glTF, KML, DXF, COLLADA, SEDRIS, Shape, 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.; Ruhdorfer, R.; Coduro, T.; Kolbe, T.H. (2020): Detailed Streetspace Modelling for Multiple Applications: Discussions on the Proposed CityGML 3.0 Transportation Model. In: ISPRS International Journal of Geo-Information, 9 (10), 603.
- Beil, C.; Kolbe, T. H. (2020): Combined modelling of multiple transportation infrastructure within 3D city models and its implementation in CityGML 3.0. Proceedings of the 15th International 3D Geoinfo Conference 2020 (ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences), ISPRS.
- 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. <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/> (Januar 2017).
- 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.
- Industrieallianz 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 (Januar 2017).
- ISO 19152, 2012. ISO/TS 19152:2012 Geographic information – Land Administration Domain Model (LADM).
- Jaud, S.; 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 Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) (2013): D2.8.III.2 Data Specification on Buildings Draft Technical Guidelines. http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_BU_v3.0rc3.pdf (Februar 2017).
- 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.
- 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 (August 2021).

3 BIM in der Praxis

3.1 BIM in der Ingenieurvermessung

3.1.1 Der S-Bahn-Tunnel in Frankfurt am Main – das BIM-Fachmodell

Ingenieurvermessung in der Planung für die Infrastrukturmaßnahmen

Beitrag von Andreas Riemenschneider

Problemstellung/Ziel

Der vor rund 40 Jahren in Betrieb genommene städtische S-Bahn-Tunnel in Frankfurt am Main soll mit dem Neubau eines elektronischen Stellwerks (ESTW) in den nächsten Jahren saniert werden. Die Erneuerung der Signaltechnik, die Aktualisierung des Brandschutzes nach den gültigen Vorschriften, die Modernisierung der S-Bahn-Stationen und die Neustrukturierung der B-Ebene im Frankfurter Hauptbahnhof sind das Ziel des Anlagenbetreibers und Bauherrn. Gegenstand der Modernisierungs- und Planungsmaßnahme ist die gesamte innerstädtische S-Bahn-Tunnelstammstrecke mit den 17 km langen Tunnelröhren und sieben Stationen in Frankfurt am Main. Ziel der Vermessung war, hierbei ein gesamtes *REVIT-FACHMODELL INGENIEURVERMESSUNG* für die S-Bahn-Stationen sowie die 3D-Abbildung des Tunnels mit den Soll-Gleisachsen zu erstellen.

Lösungsweg

Im Rahmen der planungsbegleitenden Vermessung zur Modernisierung der S-Bahn-Tunnelstammstrecke in Frankfurt am Main ist der Bezug zum DB_REF von zentraler Bedeutung. Zweifelsfreie digitale, dreidimensionale Bauwerksmodelle dieser Größenordnung, die aus einer Vielzahl von Einzelmessungen, die sich über einen größeren Zeitraum erstrecken und auf der Basis unterschiedlicher Messverfahren entstehen, setzen ein durchgängig homogenes, hoch genaues und ausgeglichenes Maß- und Bezugssystem zwingend voraus. Mit dem Maß- und Bezugssystem steht und fällt die Qualität des digitalen Bauwerksmodells und seiner Nachbarschaftsbeziehungen im dreidimensionalen Raum und damit letztendlich die Qualität anschließender Planungen und Bauausführungen.

Die oberirdische Verdichtung der Bezugspunkte zum DB_REF erfolgte durch die Einbeziehung von insgesamt acht über das gesamte Stadtgebiet von Frankfurt verteilter Basisreferenzpunkte (PS0-Punkte). Im oberirdischen Eingangsbereich der S-Bahn-Stationen wurden entsprechende Verdichtungspunkte erkundet, vermarktet, qualitätsgesichert gemessen, ausgeglichen, berechnet und dokumentiert. Anschließend erfolgte die Übertragung des DB_REFs in Form von weiteren Verdichtungspunkten (PS1-Punkten) mittels Tachymetrie und Ingenieurnivellement auf die jeweils unterirdisch gelegenen Bahnsteige der S-Bahn-Stationen und den gesamten Tunnelbereich. Da diese Arbeiten am Tage durchgeführt wurden, kam es durch den Personenbetrieb zu teilweise erheblichen Behinderungen bei den Messungen. Diese Verdichtung des Maß- und Bezugssystems bildete die Basis für die Bestimmung von Gleisvermarkungspunkten und die Tachymetrie-, GNSS- und Laserscangestützten Bestandsaufnahmen der Gleisanlagen, der Tunnel und der S-Bahn-Stationen.

Auf der Basis der Festpunkte des DB_REF erfolgte aus einer Kombination unterschiedlichster Prozesse und Messsensorik, die dreidimensionale Bestandsaufnahme der Gleisanlagen, der Tunnel und der S-Bahn-Stationen. Dabei wurden die Gleis- und Tunnelanlagen kinematisch in Form von Laserscangestützten Profilmessungen mit dem System *SITRACK* in einem Profilabstand von 2 Zentimetern erfasst. Die vollflächige Bestandsaufnahme der S-Bahn-Stationen, der unterirdischen Kabeltröge und Notausstiege wurde mittels statischem Laserscanning realisiert. Zur Qualitätssicherung wurden die Ist-Gleisachsen und -gradienten sowie Gleisvermarkungspunkte, tachymetrisch er-

fasst. Die Gesamtheit aller erfassten Daten bildet die Basis für das mit *REVIT* erzeugte digitale Bauwerksmodell. Die Messungen im Tunnel konnten nur innerhalb der nächtlichen Betriebsruhe von 1.00 bis 4.00 Uhr durchgeführt werden.

Mit dem *REVIT-FACHMODELL INGENIEURVERMESSUNG* werden für Planungszwecke hochwertige, bauteilorientierte, übereinstimmende Bauwerksmodellierungen zum Ist-Bestand (*as-built*) bereitgestellt. Diese digitalen Bauwerksmodelle beinhalten unter anderem die mathematisch, geodätisch exakt definierten Raumkurven des Fahrwegs, nämlich die Soll-Gleisgeometrien.

Für die wirklichkeitstreue Darstellung (*as-built*) der S-Bahn-Stationen war es notwendig, eine Vielzahl von Familien zu erzeugen, da in den Programmbibliotheken von *REVIT* nur sehr wenige bahnspezifische Anlagenteile vorhanden waren. Vor dem Hintergrund, dass die S-Bahn-Stationen vor 40 Jahren gebaut wurden, sind verständlicherweise die verbauten Anlagenteile und insbesondere die signaltechnischen Elemente nicht in den Datenbanken enthalten. Um die Anzahl der zu erzeugenden Familien möglichst gering zu halten, wurden die meisten von ihnen parametrisch angelegt.

Rolltreppen und Treppen wurden ebenfalls als Familie erzeugt, da es in *REVIT* für die Erstellung von vorhandenen Treppen kein funktionierendes Tool gibt.

Bei der Erzeugung der Familien wurde darauf geachtet, die Materialien so wirklichkeitstreu wie möglich zu wählen. So wurde beispielsweise einem Informationskasten der Bahn die Materialien „Metall eloxiert“ für den Rahmen und „Glas“ für die Glasfläche zugeordnet. Ebenso wurden bei der Konstruktion der Anlagenteile die örtliche Farbgebung berücksichtigt, um eine möglichst wirklichkeitstreue Darstellung der Realität zu erhalten.

Die erstellten Familientypen hatten eine relative Genauigkeit von weniger als 5 Millimeter in den Abmaßen und sind absolut kleiner 1 Zentimeter platziert. Die neu angelegten Familientypen wurden bei den Ausschreibungen zur Erstellung der Bauteillisten sowie bei der Ermittlung der Abbruchflächen genutzt.

Da die Datenerfassung mittels Laserscanning der S-Bahn-Stationen im laufenden Betrieb erfolgte, kam es in den einzelnen Scans teilweise zu Abschattungen durch Personen. Diese Abschattungen wurden durch eine mehrfache Aufnahme des Bereichs bzw. mit Handaufmaß und Tachymetrie ergänzt.

Problematisch war das zum Teil starke Rauschen in den Laserscandaten sowie das Fehlen von Laserdaten aufgrund der Materialbeschaffenheit. Polierte Stahlflächen an Rolltreppen verursachten teilweise Löcher in den Punktwolken. Hier konnten keine Informationen ermittelt werden.

Um sich im Zuge der Auswertung das permanente Umschalten zwischen vielen einzelnen Punktwolken zu ersparen, wurde mit verschiedenen Softwareapplikationen gleichzeitig gearbeitet. So war es möglich, in einer Software eine Höhe zu ermitteln und parallel dazu die Höhenabwicklung anhand eines Schnitts zu verifizieren.

Die S-Bahn-Stationen wurden mit durchschnittlich ca. 150 Laserscanstandpunkten erfasst, die im Anschluss im Lage- und Höhenbezugssystem DB_REF georeferenziert wurden.

Die erfassten Rohdaten hatten ein Datenvolumen von ca. 15 GB. Nach der Konvertierung in die Datenstruktur der Auswertesoftware (*SCALYPSO* und *RECAP*) erhöhte sich das Datenvolumen auf ca. 50 GB pro S-Bahn-Station.

Erfahrungen

Vollständige, genaue und widerspruchsfreie Informationen zu bestehenden Gleisanlagen, ihrer trassennahen Topographien, ihrer Gebäude und Ingenieurbauwerke sind Voraussetzungen für komplexe Planungsprozesse. Die Erfassung von Geodaten mit hybriden Messprozessen, nämlich eine Kombination von GNSS-Empfängern, Tachymetern, Laserscannern und der Verknüpfung statischer

und kinematisch erfasster Messdaten, sind nachgewiesenermaßen Realität. Auf der Basis hoch genauer und homogener Bezugssysteme wie dem DB_REF, ist es der Ingenieurvermessung möglich, einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der planerischen Qualität bei der Modernisierung von Gleisanlagen, Tunnel, Bahnhöfen und Stationen zu leisten. Schlüssige Konzepte oder die „Ingenieurvermessung aus einem Guss“ – von der vorausschauenden Planung einer Messung über die einzusetzenden Messsensoren, das entsprechend qualifizierte Personal, die Auswerte- und Dokumentationsstrategie in Verbindung mit einer, auf die Messsensoren und die Aufgabenstellung abgestimmten Software – sind das Potenzial für einen gewichtigen Beitrag der Geodäten zur Kostenminimierung in diesem Bereich. Digitale Anlagen- und Bauwerksmodelle, wie sie zur Modifizierung der S-Bahn-Tunnelstammstrecke in Frankfurt am Main erzeugt wurden, erhöhen die Produktivität und Transparenz für alle an Planungs-, Entwurfs-, Abstimmungs- und Überwachungsprozessen beteiligten Institutionen und Firmen. Die unmittelbar zusammenhängende objektorientierte Modellierung von „Bauteil-Familien“ und ihren Parametern zu einem digitalen Fachmodell „Ingenieurvermessung“ erfordert ein Umdenken zu den bisherigen Umsetzungsprozessen der Ingenieurvermessung im dreidimensionalen Raum. In Zukunft wird der Fokus der Ingenieurvermessung mehr denn je auf den Aspekten der Vollständigkeit, Erreichbarkeit, Genauigkeit und Dokumentation liegen.

3.1.2 BIM-Pilotprojekt Neubau der Westkammer der Schleuse Wedtlenstedt am Stichkanal nach Salzgitter

Beitrag von Jan Schaper und Matthias Küßner

Projektdefinition und -auftrag

Die Reformkommission Bau von Großprojekten hat in ihrem Endbericht für einen effizienteren, kosten- und termingerechten Projektablauf die stärkere Nutzung digitaler Methoden beim Planen, Bauen und Betreiben von Bauwerken empfohlen. Vor diesem Hintergrund wurde der Stufenplan „Digitales Planen und Bauen“ zur schrittweisen Einführung der Planungsmethode *Building Information Modeling (BIM)* vorgestellt. Auch im Geschäftsbereich der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) wurde ein Pilotprojekt zur Erarbeitung und Erprobung von Planungsaufgaben mit BIM gesucht und im Neubau der Westkammer der Schleuse Wedtlenstedt gefunden.

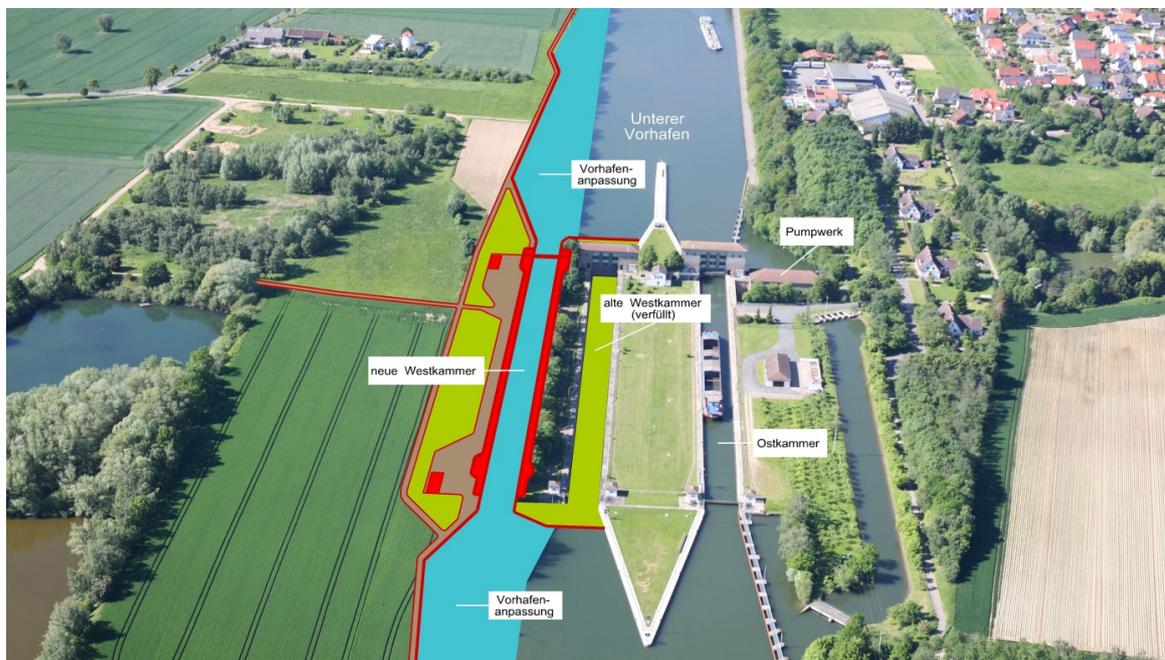


Abb. 3.1.2-1: Neue Westkammer der Schleuse Wedtlenstedt (Quelle WSV-NBA Hannover).

Die 2-Kammer-Schleuse Wedtlenstedt wurde in zweijähriger Bauzeit fertiggestellt und am 02.12.1940 in Betrieb genommen. Sie ist die Eingangsschleuse in den Stichkanal nach Salzgitter (SKS) und überbrückt einen Höhenunterschied von 9,30 m.

Um der modernen Binnengüterschifffahrt gerecht zu werden und unter Anbetracht des baulichen Zustands, entschied man sich für einen Neubau westlich des bestehenden Bauwerks. Die Planung wird herkömmlich durchgeführt, jedoch die wesentlichen Schritte mittels BIM-Methodik nachverfolgt und pilotiert.

Im weiteren Verlauf des Stichkanals Salzgitter wird ebenfalls die Westkammer der Schleuse Üfingen durch einen Neubau ersetzt. Die an der Schleuse Wedtlenstedt gesammelten BIM-Erfahrungen sollen bereits hier in der Planung berücksichtigt werden.

Abmessungen des Neubauvorhabens:

- Nutzlänge: 190 m,
- Nutzbreite: 12,50 m,
- Länge der Vorhäfen: je ca. 770 m.

Der Projektauftrag zum „BIM-Pilotprojekt – Schleuse Wedtlenstedt“ wurde gemeinsam von Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS), Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Informationstechnik Zentrum Bund (ITZ-Bund) und dem Neubauamt für den Ausbau des Mittellandkanals in Hannover (NBA Hannover) erarbeitet. Das Pilotprojekt, das beim NBA Hannover durchgeführt wird, verfolgt mehrere Ziele. Im Vordergrund stehen die Erprobung der BIM-Methode sowie die Entwicklung von Werkzeugen, Prozessen und Organisationsformen. Ein weiterer Aspekt ist die Implementierung von BIM im Geschäftsbereich der WSV verbunden mit der Erarbeitung von Handlungsanweisungen und Verfahrensvorschriften.

Schaffung von In-house-Kompetenz

Zum Aufbau verwaltungseigener BIM-Kompetenz wurde eine Projektgruppe im NBA Hannover eingerichtet. Neben operationellen Geschäftsstellenaufgaben werden hier BIM-Werkzeuge, Prozesse und Organisationsformen getestet und entwickelt. Die Implementierung von BIM, verbunden mit der Erarbeitung von Handlungsanweisungen und Verfahrensvorschriften, wird hier vorbereitet. Weitere Aufgaben sind die Beratung von Mitarbeitern sowie die Kommunikation mit der Wirtschaft, Fachverbänden, wissenschaftlichen Einrichtungen und Normungsgremien.

Datenbestand – Erfassungsgenauigkeit

Im Neubaubereich stellt die Digitale Anlagenkarte (DAK) das WSV-Planungsinstrument für Planung mit Ortsbezug im Maßstabsbereich von 1:1000 bis 1:250 dar. Sie ist die raumbezogene Basisgeometrie und die einheitliche und ausschließliche Datenbasis für alle weiteren Fachverfahren.

In Absprache mit anderen Fachdisziplinen wird die Aufnahmegenauigkeit der DAK für jedes Projekt neu bestimmt und festgelegt. Die Erfassung der Geometrien kann je nach Genauigkeitsanforderung und Umfang über alle bekannten Messmethoden, hier seinen explizit Laserscanning und Nahbereichsphotogrammetrie genannt, erfolgen.

Wurden in der Vergangenheit die dreidimensionalen Daten häufig nur in 2D abgefordert, so liefert die DAK bereits heute, bei entsprechenden Erfassungsanforderungen, einen detaillierten Datenbestand zur Erstellung eines 3D-Modells mit BIM.

BIM stellt an die Erfassung und die Modellierung von Bestandsbauwerken andere Anforderungen an die Vermessung als die herkömmliche Planung. So ist als ein erstes Ergebnis die steigende geometrische Genauigkeit und Granularität der Daten, je dichter sich ein Objekt am geplanten Bauwerk befindet, festzuhalten.

Derzeit ist eine Unterteilung des BIM-Modells in verschiedene Teilmodelle mit unterschiedlichen Genauigkeitsanforderungen die vielversprechendste Variante.

- Schleusenbaukörper: höchste Genauigkeit, hohe Punktdichte,
- Vorhäfen/Einwirkbereich: hohe Genauigkeit, mittlere Punktdichte,
- Gesamtmodell/Umgebung: reduzierte Genauigkeit, ausreichende Punktdichte.

Baustellennetz – geodätisches Bezugssystem

In der klassischen Planung wird das geodätische Bezugssystem durch Messpeile in der Örtlichkeit realisiert, die in ihrer Gesamtheit das Baustellennetz ergeben, sobald die genaue Lage und Form des Neubaukörpers feststeht. Das Lagenetz wird i. d. R. als freies Netz mit einem Maßstab von 1 ausgeglichen. Das Höhennetz wird ebenfalls auf den Messpeilern gelagert und orientiert sich an dem in der WSV als Standard definierten Höhenstatus 160.

Da bei Planungen mit der BIM-Methode viele Vorarbeiten, Planungen und Variantenstudien bereits mit einem absoluten Lagebezug der Objekte zueinander erfolgen, bevor das Baustellennetz gebaut, mehrfach gemessen und ausgeglichen ist, muss dies bei der Konzipierung des geodätischen Bezugssystems berücksichtigt werden. Der derzeitige Lösungsansatz sieht ein örtliches Pseudo-UTM-

Netz mit einem Maßstab von 1 vor, welches im Schleusenneubaukörper seinen Ursprung hat. Um negative Vorzeichen zu vermeiden, wird der Ursprung mit festen Additionswerten in X- und Y- Richtung versehen. Die durch die Ausdehnung des Baukörpers auftretenden Verzerrungen durch die Erdkrümmung treten in den äußeren Bereichen des Baufelds auf. Dort sind die geforderten Genauigkeiten bauseitig geringer, sodass diese Effekte für das Baulagenetz vernachlässigbar sind.

Nach Errichtung des Baustellennetzes wird dieses wie üblich ausgeglichen und durch Transformation in das vorab theoretische gelagerte Netz überführt. Hierdurch wird das theoretische Netz als das maßgebliche Netz für die Planung aller Gewerke und die Modellierung beibehalten. Alle Baumesungen, die aus dem Modell entstehen, müssen via Transformation in das Baustellennetz gebracht werden und können aus dieser Lagerung in die Örtlichkeit und auf die Baustelle übertragen werden.

Ansprüche an das 3D-Modell

Die durch die Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA: BIM-Lastenheft) definierten Genauigkeiten und Granularitäten der Objekte in den einzelnen Fachmodellen werden zu den vorab definierten Übergabezeitpunkten der einzelnen Leistungsphasen im Koordinierungsmodell zusammengefasst. Dabei hat jedes Objekt eine eigene, durch die *Level of Details* (LOD: geometrischer Detaillierungsgrad) festgelegte, Toleranz. Die Toleranz nach DIN 18201 entspricht der Maßtoleranz nach DIN 18202, diese setzt sich aus der Vermessungstoleranz und der Ausführungstoleranz zusammen. Wie sich Bauteile mit unterschiedlicher Toleranz und Genauigkeitsanforderungen mit direktem physischen Kontakt auf der Baustelle errichten lassen, ohne die Funktionstüchtigkeit der Bauteilgruppe zu beeinträchtigen, oder aufwendige Nacharbeiten zu produzieren, wird derzeit genauer untersucht. Beispielsweise treffen Stahlbauteile mit Genauigkeitsanforderungen im unteren Millimeterbereich auf Massivbauteile, deren Genauigkeitsanforderungen um den Faktor 10 geringer sind. Im klassischen Bauablauf werden Problemstellungen, wie die oben beschriebene, bspw. durch die Montage im Erst- und Zweitbeton, gelöst. Eine andere Variante entzerrt die beiden Fertigungsprozesse. Dabei wird zuerst das ungenauere Bauteil gebaut und anschließend vermessungstechnisch erfasst. Durch die entsprechend genaue Messung der Ist-Ausformung des Massivbaus kann das Stahlbauteil anschließend angepasst werden.

Hard- und Softwareanforderungen

Im Zuge der Pilotierung werden auch die Anforderungen und Möglichkeiten der IT-Infrastruktur der WSV untersucht. Die Ausschreibungen werden softwaretechnisch neutral im IFC-Format durchgeführt. In der WSV wird die Eignung der Software der Firma *BENTLEY*, die bereits für die klassische Planung genutzt wird, auch für die BIM-Planung getestet, um einerseits die Softwareneutralität zu gewährleisten, und andererseits den Schulungsaufwand gering zu halten. Eine abschließende Festlegung hierzu gibt es jedoch noch nicht.

Für die BIM-Planung und Betreuung wird die Hardware entsprechend ausgetauscht und auf die Anforderungen aufgerüstet. Auch die Umstellung auf *big-* und *thin-Clients* wird überprüft und als Lösungsansatz pilotiert. Das *Common-Data-Environment (CDE)* wird durch das ITZ-Bund entwickelt und zur Verfügung gestellt. Planungsdaten für Projekte der WSV werden grundsätzlich auf Servern der WSV verwaltet und geplant. Wie die Ausgestaltung einer CDE für die Praxis aussieht, wird durch das ITZ-Bund untersucht.

Literatur

DIN 18201 Toleranzen in Bauwesen, Grundsätze.

DIN 18202 Toleranzen im Hochbau, Bauwerke.

Ingenieurvermessung im Bauwesen VV-WSV 2602 Version 1.0; Stand 2012.

http://www.wsa-braunschweig.wsv.de/bauwerke/Schleusen/Schleuse_Wedtlenstedt/index.html.

3.1.3 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.

BIM ist ein virtueller Planungsansatz mit einem objektorientierten, dreidimensionalen Gebäudemodell als Grundlage. Es beinhaltet 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 durchaus 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 LASERSCANNER FOCUS^S* erzeugt bis zu einer Mio. 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 erfassten Daten werden in der Software *FARO SCENE* zusammengefügt und in einem einheitlichen Koordinatensystem registriert. Über *SCENE WEBSHARE CLOUD* können die Daten allen Projektbeteiligten über einen eigenen Webserver jederzeit zugänglich gemacht werden.

Anschließend kann die Punktwolke in *REVIT* exportiert werden. Die *FARO-Software 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.

FARO AS-BUILT 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.

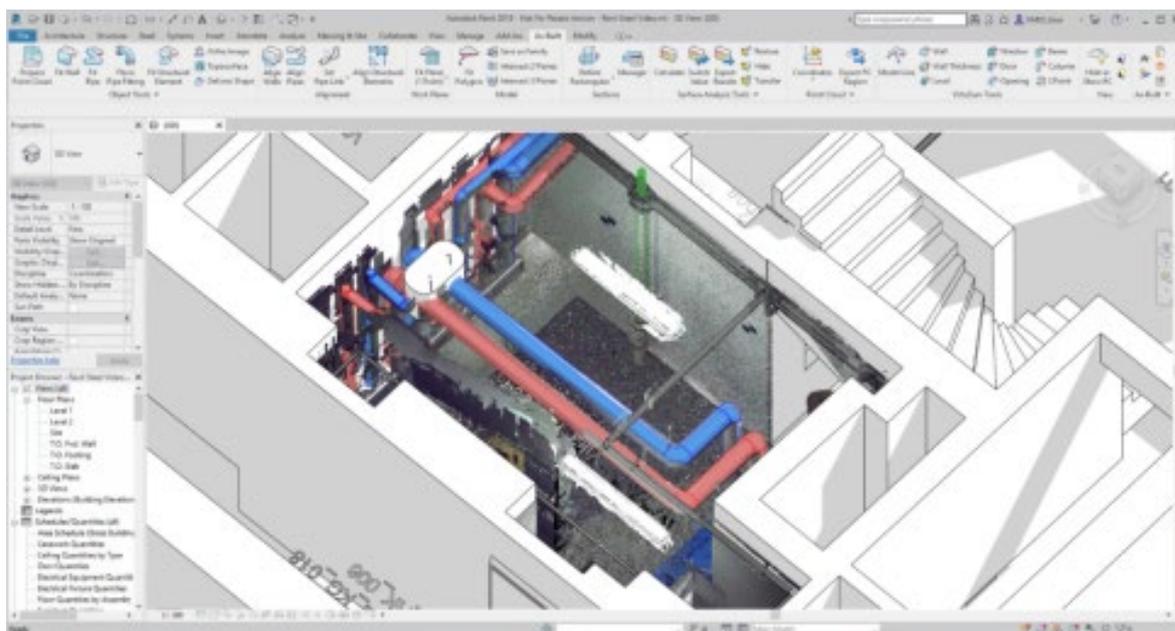


Abb. 3.1.3-1: Scan eines Heizraums mit Zentralheizung; aus Scandaten gewonnenes *REVIT*-Modell mit MEP Elementen.

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 *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^S 350* Scannern 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.

FARO BUILDIT CONSTRUCTION kann Abweichungen zwischen zu verschiedenen Zeiten aufgenommenen Scans, aber auch zwischen Scans und CAD- bzw. BIM-Modellen unter anderem als Heat-maps visualisieren (In *REVIT* lassen sich mit *AS-BUILT FOR 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.

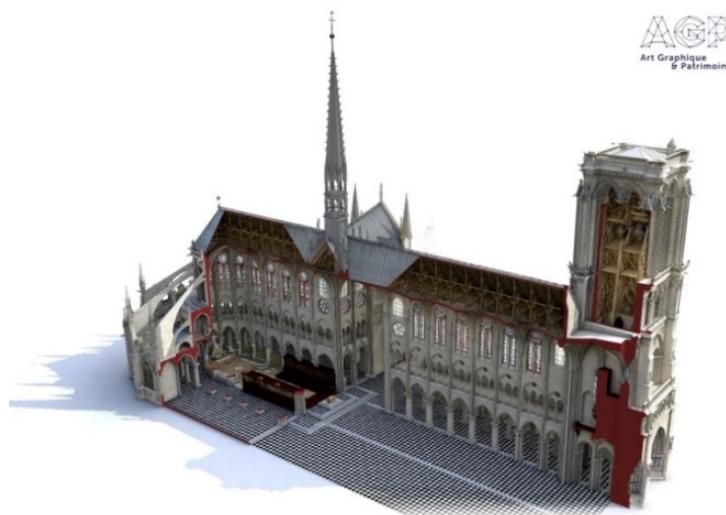


Abb. 3.1.3-2: Autodesk Revit-Modell von Notre-Dame, Paris. Courtesy of Art Graphique & Patrimoine, AGP (<http://www.artgp.fr>).

3.1.4 Herausforderungen beim Bauen im innerstädtischen Bestand – wie Laserscanning und BIM die Risiken des Bauherrn minimieren

Beitrag von Stefan de Keijzer und Andreas Rupp

Problemstellung/Ziel

Anfang 2017 wurde von der *RIEDEL BAU GMBH & CO. KG* aus Schweinfurt das in der Würzburger Altstadt gelegene Gebäudeensemble „Blasiusgasse 3“ mit dem Ziel erworben, das Vordergebäude durch einen Neubau als Geschäftsgebäude zu ersetzen, sowie das Hintergebäude zu sanieren und für Gewerbe und Wohnen umzubauen. Hierfür wurde die *ANGERMEIER INGENIEURE GMBH* zur Erstellung von dreidimensionalen Bestandsunterlagen beauftragt. Der Auftrag beinhaltet die Erstellung eines BIM-3D-Modells des Vorder- und Hintergebäudes sowie der angrenzenden Nachbarfassaden als Grundlage für die weitere Planung durch den Architekten und den Bauherrn.

Eine Herausforderung des Projekts ist die Lage des Anwesens im Altstadtbereich. Neben der ca. 9 Meter kurzen Straßenfront grenzt das verwinkelte Gebäudeensemble an insgesamt 10 Nachbarflurstücke mit lückenloser Bebauung (siehe Abbildung 3.1.4-1). Es bestand dabei Unklarheit über die Mauerstärken der Außenwände, ob diese Außenwände mit den Flurstücksgrenzen übereinstimmen und inwiefern gegenseitige Überbauungen vorliegen.

Aufgrund der Historie war auch von „Kommunwänden“ zu mehreren Nachbarhäusern sowie von unterschiedlichen Höhensituationen zu den Nachbargeschossen (insbesondere der Keller) auszugehen.

Um vor dem Abriss des Vordergebäudes (mit möglicherweise statisch und grenztechnisch heiklen Außenwänden) ausreichende Planungssicherheit für den Bauherrn sowie Vertrauen bei den Nachbareigentümern zu erreichen, sollten die anschließenden Nachbargebäude je nach Situation, zumindest im Kellerbereich und Erdgeschossbereich, mit vermessen und modelliert werden.

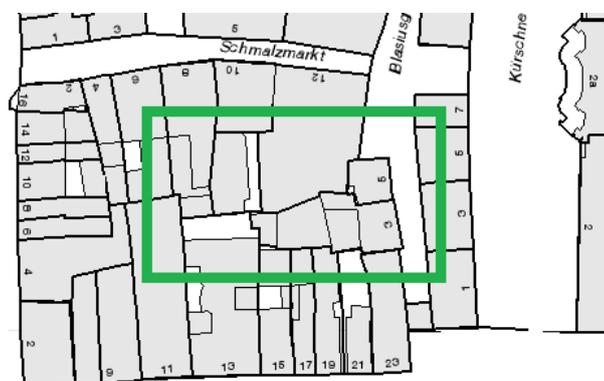


Abb. 3.1.4-1: Auszug Lageplan.

Lösungsweg

Die Erfassung des Objekts inklusive Fassaden, Dachlandschaft und Nachbargebäude erfolgte mittels Laserscanning. Hierfür wurde ein *FARO FOCUS 3D* eingesetzt. Insgesamt wurden dabei ca. 550 einzelne Laserscans aufgenommen. Diese wurden durch tachymetrische Messungen ergänzt, um einen Anschluss an das Kataster- bzw. Landessystem zu erreichen und die Laserscanning-Zielmarken einzumessen. In diesem Zuge wurde ein Festpunktfeld angelegt und eingemessen, das für spätere Ergänzungsmessungen und die baubegleitende Vermessung dient.

Im Innendienst erfolgte die Einpassung der tachymetrischen Messungen in das Kataster. Da der Umgang von Modellen und Laserscanning-Punktwolken mit den langstelligen Gauß-Krüger-Landeskoordinaten in den unterschiedlichen Softwareprogrammen der beteiligten Planer und Architekten zu Problemen führen kann, wurde für die weitere Auswertung und Modellierung ein lokales Koordinatensystem gewählt, bei dem lediglich die vorderen drei Stellen der Gauß-Krüger-Koordinaten abgeschnitten wurden. Dies vereinfacht die Einbindung der digitalen Flurkarte und anderer amtlicher Daten und ggf. die spätere Rückführung ins Gauß-Krüger-Koordinatensystem der Katastervermessung durch eine simple Verschiebung um den Wert der abgeschnittenen Stellen.

Die Verarbeitung, Registrierung und Georeferenzierung der Laserscans erfolgte in *TRIMBLE REALWORKS* unter Verwendung der eingemessenen Zielmarken. Einzelne kleine Räume wurden dabei über *CLOUD-TO-CLOUD*-Registrierungen eingepasst.

Die Einzelscans wurden dabei zu einer Gesamtpunktwolke verbunden. Aufgrund der zahlreichen Scans entsteht in den Überlappungsbereichen der verschiedenen Standorte eine enorme Dichte der Punktwolke, sodass die Gesamtpunktwolke in einem weiteren Schritt ausgedünnt wurde.

Dabei wurde ein Punktabstand von 5 mm gewählt, sodass die Punktwolke keinen Qualitätsverlust erlitt, das Handling aufgrund der neuen Dateigröße jedoch deutlich erleichtert werden konnte. Zur Weiterverarbeitung wurde die Gesamtpunktwolke im LAS-Format exportiert und über die Software *AUTODESK RECAP* ins Format .rcp/.rcs. umgewandelt, was eine direkte Weiterverarbeitung in *AUTODESK REVIT* ermöglicht.

Als Nebenprodukt konnte aus *TRIMBLE REALWORKS* heraus der „*SCANEXPLORER*“ generiert werden, der die einzelnen Scanstandpunkte als Panoramafotos anzeigt und durch die hinterlegten Punktwolkeninformationen einfache Messfunktionen bietet. Der Explorer unterstützt durch das Abgreifen von Maßen und dem Nutzen als Bildokumentation den Modellierungsprozess.

Die Modellierung erfolgte in *REVIT* als BIM-Modell. Hierfür wurde eine Hauptprojektdatei angelegt, in dem die Punktwolke und die einzelnen Teilmodelle als Verknüpfung geladen sind, um so ein Gesamtbild des Projekts zu erhalten. Diese Aufteilung geschah in Abstimmung mit dem Auftraggeber bzw. den beteiligten Architekten und bietet Vorteile im weiteren Projektverlauf. Beispielsweise können die Modelle der Nachbarfassaden als „Umgebung“ für die Visualisierung des Neubau-modells genutzt werden.

Sollte bei der Modellierung der Bestandsgebäude auffallen, dass die Punktwolke in manchen Bereichen zu dünn ist oder zusätzliche Bereiche gescannt werden müssen, so können die Ergänzungsscans jederzeit an die bestehende Punktwolke geheftet und mit dem Projekt verknüpft werden. Dadurch ist während des Modellierungsprozesses und im Austausch mit dem Auftraggeber eine ständige Anpassung und hohe Flexibilität möglich.



Abb. 3.1.4-2: Auszug Revit-Modell.

Die Übergabe des Modells (siehe Abbildung 3.1.4-2) erfolgte als *REVIT*-Projekt (.rvt), das von den Architekten und Bauherrn direkt weiter verwendet werden konnte. Zusätzlich wurden die Punktwolke sowie der „*SCANEXPLORER*“ zur Verfügung gestellt, mit dem es den Beteiligten vom Büro aus möglich ist, virtuell einen Blick in das Gebäude zu werfen und Maße zu entnehmen. Auch können die Panoramafotos mit Anmerkungen versehen werden und z. B. als Diskussionsgrundlage mit anderen Projektbeteiligten verwendet werden.

Erfahrungen

Über das Gebäudemodell hinaus wurde dem Auftraggeber ein entscheidender Mehrwert durch die Möglichkeit geboten, die Katastergrenzen mit dem Modell bzw. der erfassten Laserscanning-Punktwolke zu überlagern. In Detailplänen konnten wir so die Grenzverhältnisse mit den Mauerstärken und möglicher Grenzüberbauungen zu den einzelnen Nachbargebäuden darstellen.

Parallel zur Erfassung und Modellierung wurde Kontakt zum Vermessungsamt aufgenommen. Anhand der über 50 Jahre alten Abmarkungsprotokolle und -risse sowie der Beurteilung durch den Ansprechpartner des Vermessungsamts konnte für den Bauherrn eine qualitativ hochwertige Einschätzung über die Kataster- und Grenzsituation gewonnen werden.

Der Auftraggeber konnte so rechtzeitige Klärungen mit den Nachbareigentümern treffen und entsprechende Rücksichtnahme in die eigene Planung einfließen lassen.

Im Projektverlauf bestätigte sich erneut, dass Laserscanning die ideale Methode zur schnellen und genauen Erfassung und Modellierung von komplexen und verwinkelten Gebäudebeständen ist. Mit einem Laserscan wird sämtliche Geometrie dreidimensional erfasst, sodass erneute Begehungen und spätere Nachmessungen vermieden werden können. In diesem Projekt war dies vor allem im Hinblick auf die Nachbargebäude von immensem Vorteil, da die Nachbarn nur einmal gestört werden mussten.

Ebenfalls können Bereiche, die anfänglich nur generalisiert modelliert wurden (z. B. Nachbargebäude nur als Kubatur) im Projektverlauf detaillierter modelliert werden (Fenster, Balkone, Dachaufbauten), ohne dass weitere Nachmessungen notwendig werden.

Einer der Grundgedanken von BIM ist die Modellierung eines digitalen Zwillings des geplanten Gebäudes vor dem eigentlichen Bau. Es ist hierfür sowohl beim Bauen „auf der grünen Wiese“, insbesondere aber auch bei Projekten im Bestand, von Beginn an auf lückenlose, konsistente und dem tatsächlichen Zustand entsprechende Planungsgrundlagen für die weitere Entwurfsmodellierung zu achten.

Nach unseren Erfahrungen lassen sich Unstimmigkeiten und Ärger auf dem Bau oftmals auf unzureichende Grundlagendaten zurückführen. Die dabei entstehenden Mehrkosten liegen oft weit über den Kosten, die man bei der Bestandsvermessung und Geodatenbeschaffung einzusparen glaubte.

In diesem Projekt war der Auftraggeber zu dieser Investition bereit und konnte dadurch im Vorfeld die potenziellen Engstellen, Gefahren und Konfliktherde erkennen und diese rechtzeitig in die Planung einarbeiten.

Wir bedanken uns bei unserem Auftraggeber *RIEDEL BAU GMBH & CO. KG* für die planerische Weitsicht, das entgegengebrachte Vertrauen und die gute Zusammenarbeit.

Für uns als Vermessungsbüro zeigte sich: Der Geodät der Zukunft sollte nicht nur ein reiner Lieferant von fertigen Produkten wie Pläne, Modelle und Koordinaten sein, sondern darüber hinaus dem Kunden prozessbegleitend einen Mehrwert durch seine Expertise und Beratung zu den Themen Kataster und Grenzen sowie im Hinblick auf BIM, beispielsweise zu den Themen Geodatenmanagement und dem Umgang mit Koordinatensystemen, schaffen.

3.1.5 Anwendung von 3D-Laserscanning und Photogrammetrie zur *as-built*-Dokumentation von Gebäuden

Beitrag von Christoph Effkemann

Problemstellung

Im Rahmen von Gebäudesanierungen oder Umbaumaßnahmen ist oft eine vollständige Bestandserfassung erforderlich, weil die vorhandene Dokumentation nicht mehr aktuell ist oder nicht mehr den heutigen Anforderungen entspricht. Ab einem gewissen Komplexitätsgrad ist eine tachymetrische Aufnahme nicht mehr wirtschaftlich, sodass häufig eine Kombination von Photogrammetrie und Laserscanning eingesetzt wird. Am Beispiel eines Parkhauses mit starken Korrosionsschäden an Stahlbetonbauteilen wird gezeigt, wie aus den erfassten Punktwolken und Fotos ein digitales, bauteilorientiertes Bauwerksmodell als Grundlage für eine Schadenskartierung, Erarbeitung eines Instandsetzungskonzepts, Ausschreibungsunterlagen und die Planung der Sanierungsmaßnahmen entsteht.

Lösungsweg

Die Tiefgarage mit insgesamt 710 Stellplätzen hat 10 Parkebenen in 5 Geschossen. Die Aufnahme erfolgte mit einem Laserscanner *RIEGL VZ-400* mit einer adaptierten Kamera *NIKON D800*. Pro Geschoss wurden innerhalb von 2 Stunden jeweils ca. 20 Scans von gleichmäßig verteilten Positionen aus erfasst. Die zusammengesetzte Punktwolke umfasste pro Geschoss ca. 150 Mio. Punkte und 140 hochauflösende Fotos (je 38 Megapixel).

Zur Auswertung der Daten wurde die Software *PHIDIAS* eingesetzt, eine Anwendung, die innerhalb des *AECOSIM BUILDING DESIGNER* von *BENTLEY SYSTEMS* zur Modellierung aufgrund von photogrammetrischen Aufnahmen und 3D-Punktwolken konzipiert ist.

Die Kombination von hochauflösenden Fotos zusammen mit 3D-Punktwolken im Hintergrund ermöglicht eine einfache, sichere und genaue Identifikation der Objekte, da die Auflösung eines 38 Megapixel-Fotos eine immer noch deutlich höhere Auflösung liefert als ein Laserscan. Trotzdem ist die Messung im Vergleich zur reinen Photogrammetrie, bei der Objekte meist in mehreren Fotos aus unterschiedlichen Positionen identifiziert werden müssen, schneller und präziser. In der Praxis kommt es jedoch selten vor, dass eine 3D-Messung aus einer Richtungsmessung im Foto und der Entfernungsbestimmung aus der Punktwolke erfolgt, weil die Einfügepunkte von Stützpfeilern, Wänden, Türöffnungen usw. häufig verdeckt oder in der Punktwolke nicht genau identifizierbar sind. Stattdessen wird in der Regel im halbautomatischen Modus eine Ebene in die Punktwolke gefittet, um damit die Lage einer Wand, einer Rampe oder die Ausrichtung eines anderen Objekts zu definieren. Die nachfolgende Detailmessung im Bild wird dann als 2D-Messung in der zuvor definierten Raumebene ausgeführt.

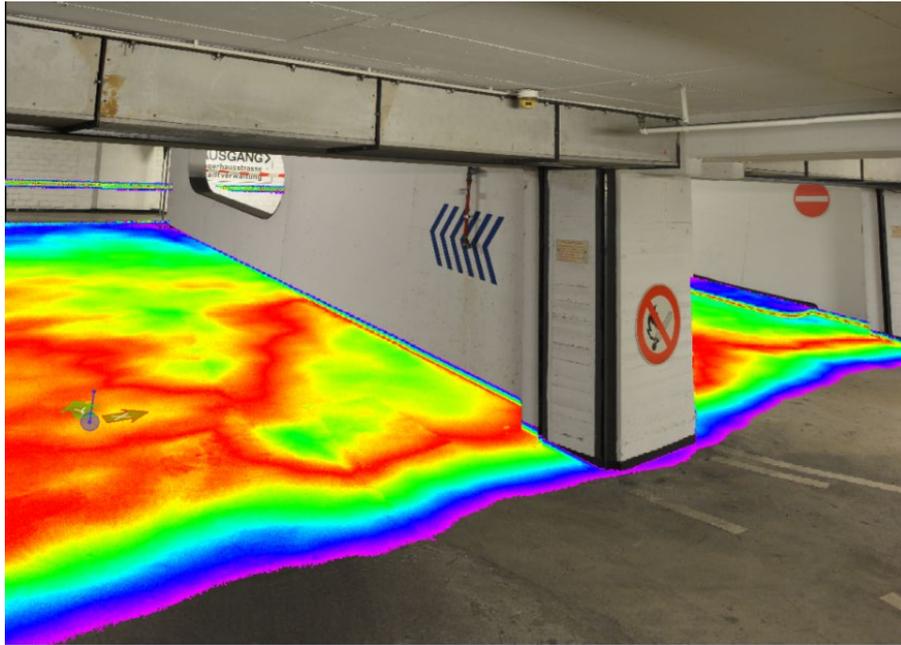


Abb. 3.1.5-1: 3D-Scan, Visualisierung der Betonunebenheit einer Rampe.

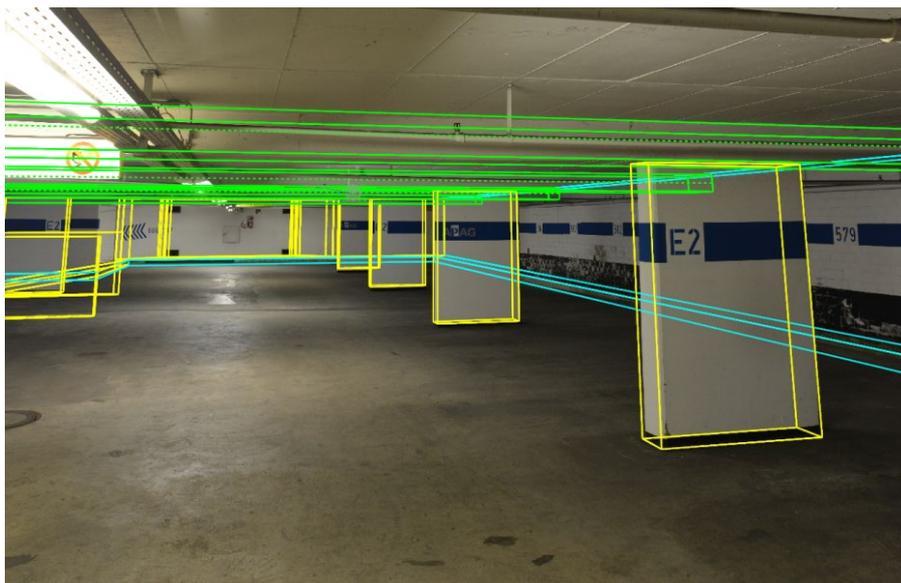


Abb. 3.1.5-2: Kongruente Überlagerung von Foto und BIM-Objekten.

Erfahrungen

Die Integration der photogrammetrischen Funktionen in die BIM-Software *AECOSIM BUILDING DESIGNER* ist sehr effizient, da kein zusätzlicher Im- und Export von Geometriedaten erforderlich ist, sondern Vermessung und Definition der BIM-Objekte in einem einzigen Schritt erfolgen.

Die Objekte aus dem Bauteilkatalog können entweder direkt über wenige Einfügepunkte z. B. im Horizontalschnitt der Punktwolke platziert werden oder nach einer groben Platzierung wird das Bauteil automatisch in die Punktwolke eingepasst. Die Abstände der Objektflächen zu den Scanpunkten werden dazu in einem Ausgleichsprozess minimiert und zur Kontrolle farblich dargestellt.

Eine *as-built*-Dokumentation der Gebäudegeometrie mit Verformungen im Millimeterbereich erfordert zwar deutlich mehr Aufwand als eine schematische Dokumentation mit Zentimetergenauigkeit, sie kann aber bei Bedarf aufgrund der hochauflösenden Scandaten und Fotos problemlos realisiert werden.



Abb. 3.1.5-3: BIM-Modell einer Parkhaus-Geschossebene.

Das Gebäudemodell wird unter anderem verwendet, um die Ergebnisse der Schadenskartierung übersichtlich und geometrisch exakt zu dokumentieren. Verschiedene Messwerte wie Betondeckung, Potenzialfeldmessungen, Chloridgehalt, Karbonattiefen sowie Detailfotos von Korrosionsschäden und Sondierungsöffnungen werden als Attribute und externe Links direkt mit den Bauteilen verknüpft. Im Vergleich zur bisherigen Dokumentation auf Papier bietet das digitale Modell flexiblere Auswerte- und Analysemethoden. Die Darstellungsart kann beliebig gewählt, Ausschnitte des Bauwerks können dynamisch definiert werden und sämtliche Detailfotos sind geometrisch exakt referenziert. Die Auswahl und Hervorhebung von Messwerten, die einen definierten Grenzwert überschreiten und deren Lokalisierung im 3D-Modell, sind sehr einfach möglich.

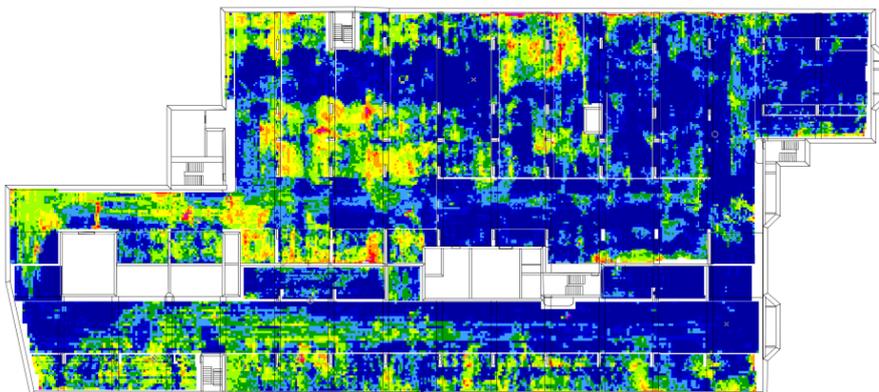


Abb. 3.1.5-4: Georeferenzierte Potenzialfeldmessung auf Basis des Bauwerksmodells.

Literatur

<http://www.phocad.de/de/PHIDIAS/PHIDIAS/phidias.htm> (August 2019).

3.1.6 BIM im Denkmalschutz am Beispiel des Edo-Wiemken-Denkmal

Beitrag von Jelde Borgmann

Problemstellung/Ziel

Das von 1561 bis 1564 geschaffene Grabmal für Edo Wiemken den Jüngeren, dem letzten Häuptling der Herrschaft Jever, zählt zu den bedeutenden Zeugnissen der niederländischen Bau- und Schnitzkunst der Renaissance. Als Teil der Stadtkirche von Jever überstand es dank einer Brandwand zwei Kirchenbrände in den Jahren 1728 und 1959, bei denen die gesamte übrige Kirche zerstört wurde.



Abb. 3.1.6-1: Edo-Wiemken-Denkmal in Jever.

Aufgrund von Setzungen und vorherrschender Feuchtigkeit weist das Bauwerk mittlerweile Risse in den Alabasterfiguren, bröckelndes Holz, rostige Metallanker und Absackungen über der nicht zugänglichen Krypta auf. Deshalb stehen in den kommenden Jahren umfangreiche Sanierungen an, die aus öffentlichen Fördermitteln finanziert werden. Da in der Vergangenheit bisher keine umfassende denkmalgerechte Bestandserfassung durchgeführt wurde, hat man sich seitens des für die Sanierung zuständigen *Staatlichen Baumanagements Ems-Weser* dazu entschieden, das gesamte Bauwerk mit 3D-Laserscanning zu erfassen, um so eine Grundlage für die unterschiedlichen Fachplaner zu liefern. Mit der Bestandserfassung und -modellierung des gesamten Bauwerks wurde *DhochN-Nord Digital Engineering GmbH* aus Oldenburg beauftragt.

Ziel der Erfassung war es, das Baudenkmal in einem digitalen bauteilorientierten Modell aufzubereiten, auf dem die zukünftige Planung aufgesetzt und aus dem Bestandspläne abgeleitet werden können. Dabei sollten Wege aufgezeigt werden, wie eine BIM-basierte Planung auch im Denkmalschutz möglich ist. Dafür wurden vor Projektbeginn die genauen Ziele der Planer im Umgang mit dem Modell festgelegt:

- Generierung eines bauteilorientierten Bestandsmodells des Denkmals mit dem umgebenden Gebäude (inklusive Dachtragwerk),
- Entwicklung von LOD (Level of Development) und LOI (Level of Information),
- Dokumentation von Deformationen und Setzungen,
- Ableitung von 2D-Plänen (Grundrisse, Schnitte und Ansichten).

Weiterhin wurden das Projekt seitens *DhochN* als Forschungsprojekt für die exemplarische Umsetzung der folgenden Ziele im Denkmalschutz genutzt:

- Verknüpfung des Modells mit externen Dokumenten (Fotos, historische Pläne),
- Visualisierung in Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR),
- Simulation von Umbauszenarien (z. B. Einbau erforderlicher TGA-Anlagen).

Lösungsweg

Zu Beginn des Projekts wurden mit dem Auftraggeber Level of Development (LOD), Level of Geometry (LOG) und Level of Information (LOI) entwickelt, die den Zielen des Projekts entsprechen und im Rahmen einer Modellierung sinnvoll und wirtschaftlich sind. Existierende Definitionen von LOD, LOG und LOI (z. B. BIMForum) können dagegen in Bestandsprojekten in der Regel nur schwer übertragen werden, da sich die Anforderungen einer Planung im Denkmalschutz häufig stark von der einer Neuplanung unterscheiden. Bei der geometrischen Detaillierung ist dabei zwischen dem maximal zugelassenen Abstand zwischen Punktwolke und Modell und der geometrischen Abstraktion der Bauteile zu unterscheiden. Des Weiteren wurde eine sinnvolle Benennung und Attributisierung der Bauteile festgelegt.

Darauf basierend wurde ein Messkonzept entwickelt, welches eine Realisierung eines lokalen Koordinatensystems beinhaltet. Das Aufmaß erfolgte an zwei Tagen mit einem *Zoller+Fröhlich Imager 5010C* und einem *FARO Focus S 150*. Dabei wurde sowohl der Innenraum des Gebäudes mit dem Denkmal als auch der gesamte Dachstuhl und Außenbereich aufgenommen.



Abb. 3.1.6-2: Aufmaß des gesamten Bauwerks mit 3D-Laserscanning.

Autodesk Revit diente als Modellierungsprogramm. Besonders herausfordernd war dabei die Ableitung der komplexen Geometrie in den Bauteilen. Hilfreich war hier das visuelle Programmierungstool *Dynamo*, welches die Erstellung komplexer Geometrien über eine direkte Schnittstelle zu Revit ermöglicht. Vor allem im Bereich des Kuppelgewölbes sowie des Baldachins wäre eine Modellierung mit den Bordmitteln von Revit schwer realisierbar gewesen. Außerdem kam das Plug-in *FARO As-Built for Autodesk Revit* bei der Generierung von weiteren Familien zum Einsatz. Eine vereinfachte geometrische Darstellung erfolgte vor allem im Bereich der Holzträger und bei Stein-, Stuck- und Holzfiguren.

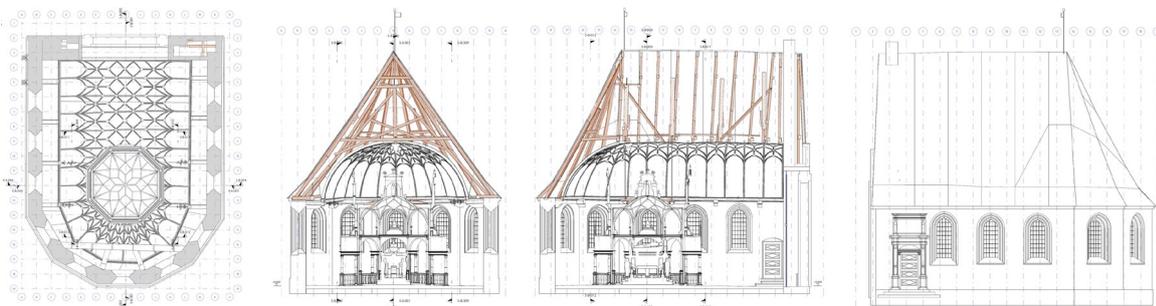


Abb. 3.1.6-3: Beispiele von aus dem Modell generierten Grundrissen, Schnitten und Ansichten.



Abb. 3.1.6-4: Bauteilstrukturiertes Bestandsmodell (BIM) des Edo-Wiemken-Denkmal.

Neben der geometrischen Darstellung des Denkmals wurde ebenfalls die Verknüpfung des Modells mit externen Objektdaten wie Fotos oder historischen Zeichnungen exemplarisch realisiert. Besonders im Denkmalschutz ist es für die beteiligten Planer von großer Bedeutung, die unterschiedlichsten Quellen miteinander zu verknüpfen und die Befunde datenbankorientiert aufzubereiten.

Das Modell wurde weiterhin in der Virtual Reality (*HTC Vive VR-Brille*) erlebbar gemacht, sodass die Möglichkeit besteht, das zurzeit nur eingeschränkt begehbare Denkmal einerseits für die Planer, aber ebenso museal zusätzlich erkundbar zu machen. Auch Augmented Reality, also die Einblendung des Modells in die Realität, wurde mit einer *Microsoft HoloLens* realisiert.

Zusammenfassung/Erfahrungen

In dem Projekt zeigt sich, dass auch in anspruchsvollen und geometrisch komplexen denkmalgeschützten Bauwerken eine Bestandserfassung und Planung nach BIM-Methoden möglich ist. Mithilfe von visueller Programmierung (*Dynamo* in Verbindung mit *Revit*) und weiteren Plug-ins lassen sich auch schwierige Geometrien im Modell abbilden. Gleichzeitig ist aufgrund der Modelldatengröße und der Wirtschaftlichkeit abzuwägen, wie detailliert die Realität als Bauteil abgebildet werden soll.

Mithilfe der Punktwolke können zukünftige Setzungen und Deformationen nachgewiesen werden. Außerdem konnte bei der erfolgten Messung eine verborgene Farbschicht in den Intensitätsbildern der Scans sichtbar gemacht werden und so für die Restauratoren wichtige Informationen über das ursprüngliche Aussehen der Gewölbedecke liefern.



Abb. 3.1.6-5: im Intensitätsbild sichtbare Farbschicht mit Sternenhimmel.

Literatur

- Ahmels, C. (1917): Über die Renaissance-Kulturdenkmäler unter Maria von Jever und ihre Entstehung. In: Sonderausgabe des Oldenburger Jahrbuchs für Altertumskunde und Landesgeschichte, Kunst und Gewerbe. Oldenburg i. O.: Gerhard Stalling.
- BIMForum (2018): Level of Development Specification. <https://bimforum.org/lod/>.

3.1.7 Erstellung eines Bestandsmodells im Rahmen von Building Information Modeling (BIM)

Beitrag von Thomas Schock und Harald Saeger

Problemstellung/Ziel

Building Information Modeling (BIM) hält auch in Deutschland immer weiter Einzug in Bauprojekte. Der „*Stufenplan Digitales Planen und Bauen*“ sieht vor, dass Bauprojekte der öffentlichen Hand ab 2020 nach der BIM-Methodik geplant und gebaut werden müssen. Bereits seit 1. Januar 2017 schreibt die *DEUTSCHE BAHN* für alle Projekte die BIM-Methodik vor. So auch auf der Strecke 3507 von Wiesbaden-Ost nach Niederlahnstein. *STEUERNAGEL INGENIEURE* erstellte das Bestandsmodell für die geplanten Gleisbaumaßnahmen am Bahnhof Kaub. Aktuell plant die *DB Netz AG* Modernisierungen auf der Strecke 3507 von Wiesbaden-Ost nach Niederlahnstein. Auch am Bahnhof Kaub sollen die Gleisanlagen erneuert werden. Dabei schreibt die *DEUTSCHE BAHN* die BIM-Methodik für alle Planungs- und Baumaßnahmen vor. Auch die exakte Bestandsaufnahme, die die Grundlage für genaue Planung ist, unterliegt diesen Vorgaben. *STEUERNAGEL INGENIEURE* wurde von der *SCHÜBLER PLAN INGENIEURSGESELLSCHAFT GMBH* mit dem Projekt „Bestandsaufnahme von 350 Metern Gleisstrecke über drei Gleise inklusive Schachtkarten und Fotodokumentation der Schachtbauwerke am Bahnhof Kaub“ beauftragt. „Building Information Modeling ist die digitale Darstellung physischer und funktioneller Merkmale einer Anlage und schafft durch einen gemeinsam nutzbaren Pool relevanter Daten eine zuverlässige Entscheidungsgrundlage während des gesamten Lebenszyklus des Bauwerks, von der frühesten Idee bis hin zum Rückbau“, definiert das *US National BIM Standards Committee (NBIMS)* die Methodik.



Abb. 3.1.7-1: Bahnhof Kaub: Punktwolke und HDR-Bild in Leica TruView.

Die Grundlage von BIM ist ein 3D-Computermodell, das um weitere Information wie Zeit, Kosten, Nutzung erweitert werden kann. Das „I“ in BIM steht für Information und kann von den verschiedenen Projektpartnern unterschiedlich genutzt werden. BIM als Arbeitstechnik erleichtert sowohl die Projektsteuerung als auch die Zusammenarbeit in der Planungs-, Bau- und Betriebsphase. BIM ist ein Konzept, mit dem es möglich ist, das Gebäude vor seiner eigentlichen Errichtung zunächst virtuell zu bauen. Dadurch sind die Projektpartner in der Lage, sich das Projekt plastisch vorzustellen und die Ausführung vor der eigentlichen Umsetzung zu beurteilen. Indem Abstimmungsprobleme bereits

in einer sehr frühen Projektphase gelöst werden, können beträchtliche Mengen an Zeit, Kosten und Energie eingespart werden. BIM eröffnet eine ganze Palette neuer Möglichkeiten, wie z. B. Verbesserungen in den Bereichen Terminplanung, Kostenkalkulation und Gebäudebetrieb. Auch für die Modernisierungsmaßnahmen in Kaub werden diese Verbesserungen im Planungs- und Bauprozess erwartet. Mit dem Modell können sehr genau die heutige Situation und die geplanten Maßnahmen visualisiert und so die Öffentlichkeitsarbeit im Genehmigungsverfahren vereinfacht werden. Für alle relevanten Anlagen der Verkehrsstationen liegen für die Planungsarbeit bereits die digitalen Modelle aller Bauteile der *DB Station&Service AG* vor.

Lösungsweg

Für die Erfassung des Geländes hatte die *DEUTSCHE BAHN* genaue Vorgaben: Laserscanning mit Fotos und nur in Ausnahmefällen Tachymetermessung oder Handaufmaß. Die besondere Herausforderung lag darin, alle Elemente mit Detailinformationen zu erfassen. Als Koordinatengrundlage diente das *DB-REF-System* der *DEUTSCHEN BAHN*. Für den Anschluss der Scans an das System wurde zunächst ein hochgenaues Festpunktfeld mittels einer Totalstation *Leica TS30* angelegt und an die Festpunkte des Koordinatensystems angeschlossen.

Für die Erfassung mittels Laserscanning wurde die *Leica ScanStation P40* an 136 Standpunkten eingesetzt. Im Anschluss kam eine *Canon 450D* unter Einsatz eines Nodaladapters auf dem Dreifuß für die Fotos zur Anwendung. Für das Aufmaß der Schachtbauwerke musste dann doch der Zollstock und noch einmal der Fotoapparat bemüht werden.

350 m x 50 m – das ist für das Erstellen einer georeferenzierten Punktwolke mit einer Genauigkeit von unter 1 cm eine riesige Datenmenge. Um diese umfangreichen Daten anzeigen zu können, wurde das gesamte Projekt mit *Leica JetStream* via *Leica CloudWorx* an *REVIT* angebunden. Selbst die *Leica JetStream Viewer*-Datei hat noch eine Größe von 62 GigaByte. Aufgrund der vielen Standpunkte konnten in *REVIT* alle Bauteile eingefügt und anhand der Punktwolke in Größe und Lage positioniert werden. Auch die Schächte und unterirdisch verlegte Leitungen wurden aus vorhandenen Bestandsplänen in das 3D-Modell übernommen.

Das Ergebnis des Projekts ist ein BIM-Bestandsmodell, bestehend aus dem 2D-Bestandsplan, den Katasterdaten, dem Digitalen Geländemodell, der Punktwolke und dem *REVIT*-Modell. Dieses Modell hat den großen Vorteil, dass an jeder beliebigen Stelle eine Ansicht erstellt werden kann und sofort alle Details für die unterschiedlichsten Gewerke sichtbar sind.

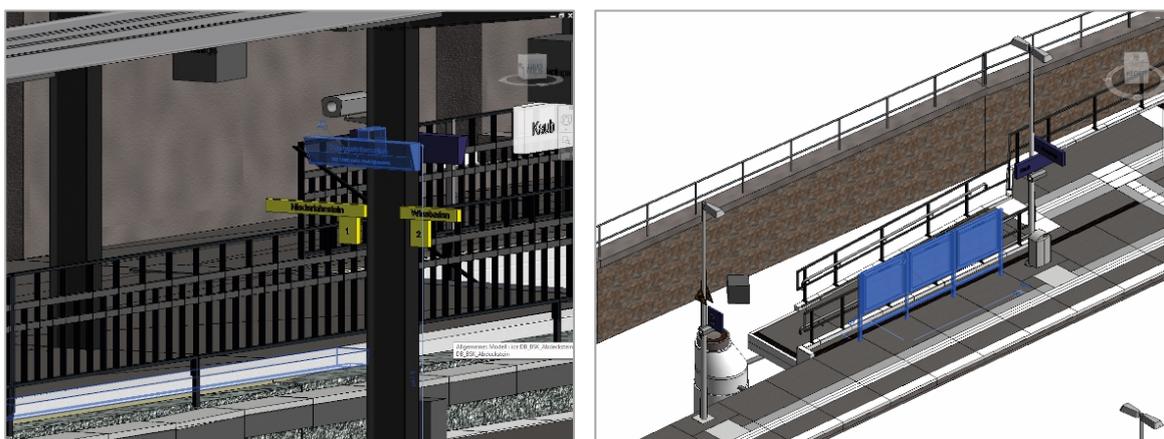


Abb. 3.1.7-2: Bahnhof Kaub: BIM-Modelle in Autodesk Revit.

Erfahrungen

Obwohl *STEUERNAGEL INGENIEURE* einen umfangreichen Erfahrungsschatz im Laserscanning und der dazugehörigen Software vorweisen konnte, war die Erstellung des BIM-Modells mittels *REVIT* eine Herausforderung. Denn im Umgang mit diesem Programm war kein Mitarbeiter wirklich gut geschult. Die wohlbekannte Versuch-Irrtum-Methode kostet zu viel Zeit, Ressourcen und damit bares Geld. Aus der Erfahrung klug gilt also zukünftig bei *STEUERNAGEL INGENIEURE*: „Vor einem Projekt mit einer neuen Software muss zwingend eine Schulung erfolgen.“

Schwierig zugängliche Stellen, wie z. B. die Schachtbauwerke am Bahnhof Kaub, stellen eine besondere Herausforderung für die Detailvermessung dar. Mit dem *Leica BLK360 Imaging Laser Scanner* wird schon die Erfassung in zukünftigen Projekten erleichtert. Der kleine Scanner erzeugt eine 360°-Punktwolke und ein Panoramafoto. Diese Daten werden hinzugefügt und es liegt eine homogene Punktwolke über das ganze Modell vor.

Literatur

BIM Standard Deutscher Ingenieurkammern,

Fort- und Weiterbildungsstandard anhand der VDI/bS-Richtlinie 2552 Blatt 8.1.

Building Information Modeling: Mengen und Controlling

VDI-Richtlinie 2552 Blatt 3.

Building Information Modeling: Datenmanagement

VDI-Richtlinie 2552 Blatt 5.

Stufenplan Digitales Planen und Bauen,

Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Dezember 2015.

www.planen-bauen40.de.

3.1.8 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 3.1.8-1).



Abb. 3.1.8-1: 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 (IvI-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 3.1.8-2 und Abbildung 3.1.8-3).

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. 3.1.8-2: Bahnhof Metzingen.



Abb. 3.1.8-3: Revit-Modell – Detail.

3.1.9 BIM im Wasserbau – von der Planung zu Betrieb und Unterhaltung.

Das Initialprojekt „Neue Schleuse Trier“

Beitrag von Ralf Becker und Sigfrid Knapp

Problemstellung

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) sieht in der konsequenten Digitalisierung von Planung, Ausführung und Betrieb einen entscheidenden Schlüssel für eine schnellere, qualitativ bessere und wirtschaftlichere Realisierung von großen Infrastrukturprojekten. In einem Stufenplan Digitales Planen und Bauen für Infrastrukturprojekte im Bereich des BMVI wurde der Weg zur Digitalisierung des Planungs- und Bauprozesses formuliert. Zentrales Element soll hierbei die Arbeitsmethodik „Building Information Modeling“ (BIM) sein. Die BIM-Planungsmethode beinhaltet u. a. ganzheitliche und konsistente Informationsmodelle für Bauwerke. In den entsprechenden BIM-Modellen werden dabei die dreidimensionalen Bauwerksgeometrien und semantische Informationen der Bauteile eines Bauwerks zusammengeführt. Diese Verfahrensweise wurde durch den Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung bestätigt: „... Deshalb werden wir BIM baldmöglichst bei allen neu zu planenden Verkehrsinfrastrukturprojekten zur Anwendung bringen.“

Planen – Bauen – Betreiben 4.0

Bei der Umsetzung der vierten industriellen Revolution im Bauwesen wird, entsprechend Industrie 4.0 und Verwaltung 4.0, vielfach vom Planen – Bauen – Betreiben 4.0 gesprochen. Kern ist dabei die Digitalisierung von Prozessen und die Verknüpfung von IT-Komponenten – unentbehrlich, um letztlich eine Vernetzung von Einzellösungen und Softwareinseln zu erreichen. Wesentlicher Bestandteil ist hierbei die Methodik BIM.

Die Interpretation von BIM für den Betrieb und die Unterhaltung sind für die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) ein „**Informationsmodell für Bauwerke**“ und kein „Bauwerksmodell mit Informationen“. Die Voraussetzung sind also aktuelle und präzise As-built-Modelle der Bestandsbauwerke verknüpft mit semantischen Informationen!

Zur effizienten Digitalisierung der Verkehrswasserbauwerke bedarf es der Bewertung unterschiedlicher geodätischer Methoden zur Erfassung der Bestandssituation unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten sowie des wirtschaftlichen Aufwands.

Methodenvalidierung

Die entwickelten BIM-Modelle sollen eine Weiternutzung für Belange des Betriebs und der Unterhaltung sowie eine Verknüpfung mit Bestandsinformationen in vorhandenen Anwendungen der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) ermöglichen. Perspektivisch ist die Verwendung der Objektmodelle z. B. zur Dokumentation von Schäden im Rahmen der Bauwerksinspektion und zur optimierten Planung von Instandsetzungen vorgesehen.

Im Rahmen eines Projekts, das in einer Forschungsk Kooperation mit dem Geodätischen Institut und Lehrstuhl für Bauinformatik & Geoinformationssysteme der RWTH AACHEN bearbeitet wird, soll am Beispiel der zweiten Schleusenammer Trier neben BIM-Modellen für den Planungs- und den Bauzustand ein Objekt- bzw. Bauteilkatalog der grundlegenden Bauteile eines Schleusenbauwerks erarbeitet werden. Dabei werden Standards der WSV, wie z. B. der WSV-Objektkatalog (VV-WSV 1102), berücksichtigt.



Abb. 3.1.9-1: Das Untersuchungsobjekt.

Alle genannten Arbeiten sollen in ein Implementierungskonzept für vergleichbare Vorhaben münden. Übergeordnetes Ziel ist die langfristige WSV-weite Digitalisierung von Objekten und Prozessen für Planung, Bau, Unterhaltung und Betrieb von Verkehrswasserbauwerken über den gesamten Lebenszyklus.

Lösungsweg

Die Methode BIM soll definitionsgemäß im gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks zur Anwendung kommen. Meist wird heute lediglich die Neuplanung eines Bauwerks behandelt, nicht die Betriebsphase. Gerade bei Verkehrswasserbauwerken wie hier der Schleusen ist eine Vielzahl jedoch bereits vorhanden. Daher müssen diese vermessungstechnisch im Ist-Zustand erfasst (As-is) und für das BIM-basierte Betriebs- und Unterhaltungsmanagement modelliert werden.

Basis der Modellierung sind BIM-Objektkataloge, die allerdings für Verkehrswasserbauwerke bisher nicht existieren. International wird derzeit durch die Organisation *BUILDINGSMART* eine Standardisierung für Wasserstraßen und Häfen vorangetrieben. Beim Aufbau eines BIM-Objektkatalogs und einer Objektsystematik für dieses Projekt konnten insbesondere die vorhandenen Standards der WSV genutzt werden. Die Gliederungsebenen (z. B. Schleuse – Schleusenkammer – Kammerwand) unterscheiden sich zwar vielfach leicht in den Benennungen. Jedoch passt diese Systematik auf die des Hochbaus (Gebäude – Geschoss – Bauelement (z. B. Wand)). So ist es in diesem Projekt gelungen, in der seitens der WSV und der BAW verwendeten Software *BENTLEY AECOSIM BUILDING DESIGNER* die Objektstruktur des Hochbaus auf die Schleuse anzuwenden.

Während in der Abfolge der Planungs- und Ausführungsphasen bei der Erstellung von Bauwerken der Detaillierungsgrad sowohl geometrisch als auch semantisch ansteigt, ausgedrückt in den Fertigstellungsgraden (Level of Development, LOD), sind für die Betriebsphase die für die Betriebsführung und Unterhaltung notwendige geometrische Detaillierung semantische Information festzulegen. Es stellte sich z. B. die Frage, ob die Schleusenkammerwände als eine Wand modelliert, oder aus mehreren Teilen aufgeteilt nach den Baufugen oder den Kammerblöcken bestehen soll, oder aber gar Ausrüstungsteilen wie Poller oder Leitern modelliert werden sollten. In diesem Projekt wurde die Neue Schleuse Trier in verschiedenen Detailgraden modelliert, um die Unterschiede, auch im Zeitaufwand der Modellierung, herauszuarbeiten. Eine abschließende Bewertung wird gemeinsam mit der BAW erfolgen, um eine sinnvolle, auf den Betrieb ausgerichtete Festlegung zu treffen, die ggf. auch in Multi-Repräsentationsmodellen mündet. Gleiches gilt für die semantische Information. Diese kann z. B. aus den bestehenden Datenbanken der Betriebsführung wie der Wasserstraßendatenbank (*WADABA*) entnommen und den Bauelementen hinzugefügt werden. Geometrie und Semantik können miteinander verknüpft und z. B. in BIM-Viewern genutzt werden.

Es zeigt sich jedoch auch, dass die Festlegung nach den Fertigstellungsgraden aus der Neuplanung hier nicht zielführend ist, sondern dass hier eine Festlegung für eine As-is-Dokumentation (Level of As-is Documentation, LOAD), bestehend aus einem geometrischen (Level of As-is Geometry, LOAG) und semantischen Anteil (Level of As-is Information) sinnvoll ist (Becker et al. 2019, Wollenberg 2018). Hinzu muss eine Aussage zur zu erreichenden bzw. erreichten Genauigkeit (Level of Accuracy, LOA) getroffen werden, mit der jedes Messverfahren behaftet ist. Auch die Modellierung approximiert die zugrunde liegende Laserscanningpunkt看ke mit einer bestimmten Genauigkeit.



Abb. 3.1.9-2: Geodätische Bestandsaufnahme.

Die Neue Schleuse Trier wurde im Rahmen dieses Projekts mit einem terrestrischen Laserscanner mit aufgesetzter Kamera und ergänzend einer mit einer Kamera ausgestatteten Drohne vermessen (Abbildung 3.1.9-2). Auf ca. 175 Scanpositionen entstanden ca. 1,3 Mrd. Punkte und ca. 1200 Fotos (insgesamt ein Datenvolumen von ca. 23 GB). Die Messdaten wurden maßstabsfrei in einem örtlichen System gespeichert. Sie waren dann Grundlage einer Bauwerksmodellierung in verschiedenen LOAG in der Software *BENTLEY AECOSIM BUILDING DESIGNER* mit dem Softwaremodul *PHIDIAS* zur kombinierten Auswertung von Laserscanner- und Bilddaten (Abbildung 3.1.9-3).



Abb. 3.1.9-3: Ausschnitte aus dem As-is-Modell.

Mit den erstellten As-is-Modellen können Visualisierungen und Analysen z. B. über die Ebenheit der Kammerwand oder des Kammerbodens in Form von Heatmaps oder Vergleiche zum aus der Planung vorliegenden Ausführungsmodell (as-built vs. as-planned) erstellt werden, die dann Entscheidungen bezüglich der Betriebsführung dienen können.

Erfahrungen

BIM ist eine digitale Planungsmethodik für den gesamten Lebenszyklus, auch für die Betriebsphase – Wartungen, Umbauten oder Ertüchtigungen. Als zentrale Datenbank und Dokumentationsgrundlage kann BIM die Basis für die Bewirtschaftung und den Betrieb des Bauwerks darstellen. Voraussetzung sind aktuelle, in geometrischer wie semantischer Detailliertheit (LOAD) auf die Anwendung abgestimmte As-built- bzw. As-is-Modelle, bei Bestandsbauwerken aus BIM-gerechtem Aufmaß mit Erstmodellierung und semantischer Information. Essenziell sind dabei geeignete Objektkataloge.

Das Initialprojekt Neue Schleuse Trier zeigt eine prototypische Umsetzung für BIM im Bestand vom Aufmaß bis zur Erstellung eines geeigneten As-is-(Bestands)modells als Basis für die künftige Bewirtschaftung. Unter Hinzunahme bewirtschaftungs- und betriebsrelevante Daten können künftig Wartungszyklen und die damit einhergehenden Kosten geplant werden (5D-BIM). Denkbar ist auch die Umsetzung des Modells in die Umgebung einer virtuellen Realität (VR), um in dieser z. B. Inspektionen und Analysen durchführen zu können, ohne physisch vor Ort sein zu müssen. Zu beachten sind zudem Fragen der Georeferenzierung (örtliche kartesisch vs. geodätisch), insbesondere bei geodätischen Koordinatenreferenzsystemen wie ETRS89/UTMxx, bei denen sich Abbildungsverzerrung und Höhenreduktion zu signifikanten Größen (bei der Neuen Schleuse Trier bei einer Länge von 500 m ca. 3,4 cm) addieren.

Literatur

- Becker, R. et al. (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>.
- Bödefeld, J. (2017): Digitalisierung im Verkehrswasserbau.
- 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>.

3.1.10 Erfassung und Erstellung eines BIM-konformen Bestandsmodells der Huntebrücke als Teil der A29 bei Oldenburg

Beitrag von Joscha Hüge

Problemstellung/Ziel

Die Huntebrücke überspannt als Teil der Bundesautobahn 29 das Tal der unteren Hunte östlich der Stadt Oldenburg in einer Länge von 441 Metern. Um auch Seeschiffen den Zugang zum Oldenburger Hafen zu ermöglichen, ergibt sich die Höhe des Brückenbauwerks von etwa 26 Metern. Die Fertigstellung erfolgte im Jahr 1978 in zwei getrennten Überbauten. Insgesamt 9 Pfeilerreihen mit zusammen 18 Doppelpfeilern stützen den Brückenüberbau (siehe Abbildung 3.1.10-1).



Abb. 3.1.10-1: Huntebrücke bei Oldenburg (A29).

Eine Untersuchung des Bauwerks ergab, dass der Überbau die zukünftig zu erwartenden Verkehrsbelastungen nicht mehr mitträgt und somit ersetzt werden muss. Die *NIEDERSÄCHSISCHE LANDESBEHÖRDE FÜR STRAßENBAU UND VERKEHR* plant daher, den bestehenden Überbau durch einen Stahlverbundüberbau zu ersetzen. Des Weiteren wurde festgestellt, dass sowohl die Widerlager als auch die Pfeiler mit Ihren Fundamenten weiterverwendet werden können. Aufgrund dieser Gegebenheiten von weiterzuverwendenden Brückenunterbau und neu zu errichtenden Brückenüberbau sind umfangreiche Vermessungsarbeiten am Bauwerk erforderlich geworden. Die 3D-Bestandserfassung der Huntebrücke sollte dabei als Pilotprojekt der *NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESBEHÖRDE FÜR STRAßENBAU UND VERKEHR* für die Planungsmethodik BIM dienen. Das *Ingenieurbüro RMK* aus Celle bekam im Zuge dessen den Zuschlag für die Erfassung und Erstellung eines 3D-Bestandsmodells des Ingenieurbauwerks sowie des umgebenden Geländes zur Generierung einer Datengrundlage für Entwurfsplanung und Bauablaufplanung.

Ziel der Erfassung war es das Ingenieurbauwerk in seiner Gesamtheit als digitales bauteilorientiertes Modell aufzubereiten, an welches die anschließende Planung anknüpfen kann. Ein besonderes Augenmerk lag dabei in der detaillierten Erfassung der Brückenwiderlager sowie der Brückenpfeiler mit den zugehörigen Pfeilerköpfen und den aufgesetzten Lagern. Bereiche von geringerer Bedeutung, wie die Pfeilerinnenräume sowie mittels 3D-Laserscanning nicht zu erfassende Bereiche wie die Pfeilerfundamente sollten aus Bestandsplänen in das Modell integriert werden.

Lösungsweg

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kamen für die Erfassung des Brückenbauwerks unterschiedliche 3D-Laserscanner zum Einsatz. Insgesamt 80 Standpunkte der *LEICA SCANSTATION P30* dienten der Erfassung von Brückenüberbau sowie der Widerlager und der Brückenpfeiler. Für die Aufnahme der Pfeilerköpfe sowie der Widerlagerbänke wurde, bedingt durch sein geringes Gewicht und die komplizierte Erreichbarkeit der Messobjekte, ein *LEICA BLK360* genutzt. Etwa 90 Stand-

punkte des *BLK360* ergänzten somit die Messdaten der *P30*. Für die Registrierung der Laserscandaten wurden die Programme *LEICA CYCLONE* und *LEICA REGISTER360* verwendet. Zunächst wurden die einzelnen Standpunkte der *P30* über gescannte Kugeln und Zielmarken in *CYCLONE* miteinander verknüpft. Durch gleichzeitige tachymetrische Bestimmung ausgewählter Verknüpfungspunkte in einem örtlichen Koordinatensystem, welches von der *NIEDERSÄCHSISCHE LANDESBEHÖRDE FÜR STRAßENBAU UND VERKEHR* eingerichtet wurde, konnte die Punktwolke direkt ins Zielsystem transformiert werden. Die ergänzenden Messdaten des *BLK360* wurden mittels Cloud-to-Cloud-Registrierung in *REGISTER 360* in die Gesamtpunktwolke integriert (siehe Abbildung 3.1.10-2).

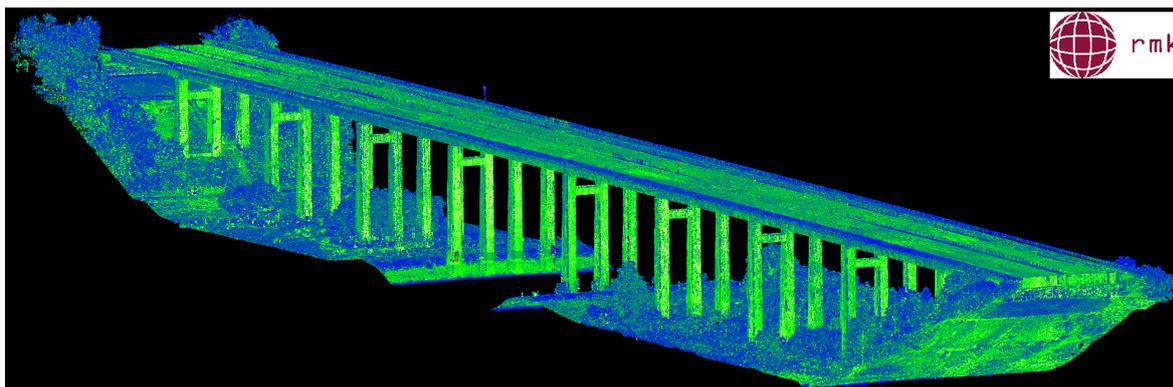


Abb. 3.1.10-2: Registrierte Gesamtpunktwolke aus Messdaten von *Leica P30* und *Leica BLK 360*.

Die Erstellung des BIM-konformen Bestandsmodells erfolgte, in Zusammenarbeit mit der *CONTELOS GMBH*, unter Verwendung von *AUTODESK REVIT*. Um die Datenmenge der Punktwolke für die weitere Bearbeitung in *REVIT* zu reduzieren, wurde die Gesamtpunktwolke ausgedünnt und in mehrere Teilbereiche aufgeteilt. Der Export dieser Teilbereiche aus *CYCLONE* im pts-Format erlaubt es, die Scandaten mithilfe des Programms *AUTODESK RECAP* in das rcp-Format umzuwandeln, welches wiederum in *REVIT* eingelesen werden konnte. Dieses Vorgehen ermöglichte es, die Bestandsmodellierung möglichst exakt an der gemessenen Punktwolke durchzuführen. Da es sich bei diesem Projekt um eine Modellierung des Bestands handelte, konnten für die Erstellung des 3D-Modells keine Regelgeometrien herangezogen werden. Ein Großteil der Bauteile wurde mithilfe von adaptiven Familien erzeugt, da *REVIT* hier die meisten Konstruktionsmöglichkeiten bietet. Um eine zeitintensive manuelle Modellierung in einigen Bereichen zu umgehen, wurde das visuelle Programmierungstool *DYNAMO*, welches die automatische Erstellung von Geometrien über eine Schnittstelle zu *REVIT* ermöglicht, verwendet. Als Grundlage für die semiautomatische Modellierung mit *DYNAMO* dienten in *CYCLONE* erstellte Linienzüge von der Geometrie der Brückenpfeiler und des Brückenüberbaus. Die Linienzüge wurden vom erstellten *DYNAMO*-Skript erfasst und zu einem Volumenkörper verbunden. Auf diese Weise ließen sich der gesamte Überbau sowie die einzelnen Pfeiler nahezu automatisch als Volumenkörper modellieren (siehe Abbildung 3.1.10-3).

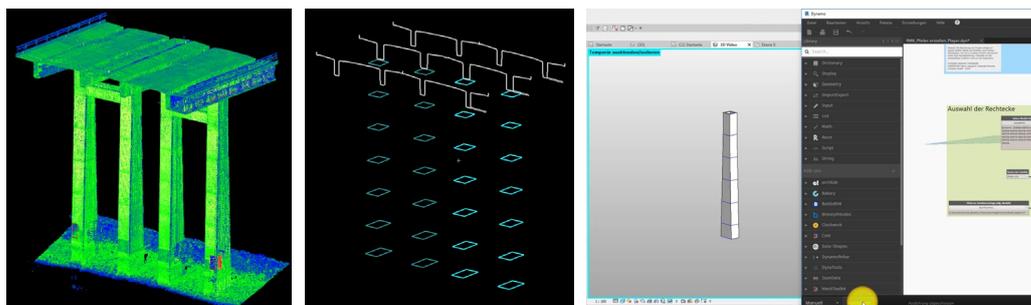


Abb. 3.1.10-3: Ablauf der semi-automatischen Modellierung mit *Leica Cyclone* und *Dynamo*.

Für die weiteren Bauteile des Ingenieurbauwerks wurden die Standardfunktionen von *REVIT* verwendet. In diesem Zusammenhang wurden unterschiedliche adaptive Bauteilfamilien angelegt und die entsprechenden Bauteile unter Berücksichtigung der hinterlegten Punktwolke detailgenau modelliert. Als Ergebnis des Mess- und Auswerteprozesses liegt schließlich ein detailgenaues und BIM-konformes Bestandsmodell des gesamten Ingenieurbauwerks vor, auf dessen Basis die Entwurfsplanung mit der Konstruktion des neuen Überbaus ansetzen kann (siehe Abbildung 3.1.10-4).

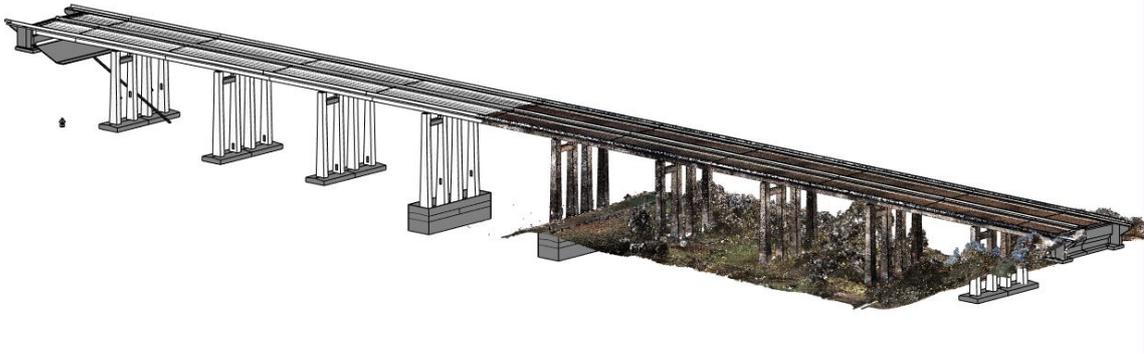


Abb. 3.1.10-4: BIM-konformes Bestandsmodell in *Revit* (Quelle: *Contelos GmbH*).

Erfahrungen

In dem vorliegenden Projekt wurde deutlich, dass die verformungstreue Modellierung eines Ingenieurbauwerks im Kontext der BIM-Konformität möglich ist. Durch die Verwendung von *REVIT* und mit den Möglichkeiten, die sich durch das visuelle Programmierungstool *DYNAMO* bieten, konnten die zugrunde liegenden Geometrien exakt und teilweise sogar automatisch modelliert werden. Im Zuge der Modellierung ist es von besonderer Bedeutung, dass der Detaillierungsgrad sowie die Modellierungsgenauigkeit im Vorfeld entweder vom Auftraggeber vorgegeben oder in enger Zusammenarbeit mit diesem abgesprochen werden. In diesem Zusammenhang wäre es wünschenswert, dass sich die Angabe eines Level of Accuracy (LOA) aufseiten der Auftraggeber etablieren würde. Auf diese Weise würde eine Angabe zur Modellierungsgenauigkeit komplementär zur häufig bestehenden Angabe der Messgenauigkeit vorliegen. Eine besondere Bedeutung kommt ebenfalls der Kommunikation über verschiedene Projektbeteiligte und verschiedene Projektphasen hinweg zu. Es ist unabdingbar, dass Anforderungen der Planer an die Bestandsmodellierung schon zu Beginn der Bestandsdatenerfassung vorliegen, um die Ansprüche der späteren Nutzer des Bestandsmodells in der Erfassung und Modellierung zu berücksichtigen.

3.1.11 BIM in der Praxis – Ansätze zur Integration von Structural Health Monitoring in ein Bestands-BIM

Beitrag von Kira Zschiesche, Linda Rau und Martin Schlüter

Problemstellung/Ziel

Structural Health Monitoring (SHM) dient zur Bestimmung und Überwachung des Zustands eines Bauwerks. Dabei kommt es zu kontinuierlicher oder periodischer Erfassung von großen Datenmengen, je nachdem ob auf bauwerksintegrierte Sensorik zurückgegriffen werden kann, oder ob die Erfassung z. B. als vermessungstechnische Dienstleistung erfolgt. BIM bietet die Möglichkeit der Bereitstellung großer Datenmengen, der Prozessintegration und der Dokumentation vermessungstechnischer Leistungen (Clemen et al. 2019). Dadurch ermöglicht die Verbindung dieser beiden Methoden eine interdisziplinäre Auswertung verschiedenster Informationen über das Bauwerk innerhalb einer Plattform. Die frühzeitige Erkennung möglicher Zustandsänderungen der Bausubstanz hat insbesondere im Hinblick auf die Nachhaltigkeit der Lebens- und Nutzungsdauer des Objekts, von Bauteilen und von Bauteilschichten eine besondere Bedeutung. Eine effiziente Zugänglichkeit von SHM-Daten kann durch Integration dieser in die Bauwerkdatenmodellierung erfolgen (Zschiesche et al. 2020). Beispielhaft wird im vorliegenden Bericht die Integration in ein Bestands-BIM von zuvor erfassten und ausgewerteten Messergebnissen erprobt. Wie in Del Grosso et al. (2017) und Valinejadshoubi et al. (2017) beschrieben, wird mittels dem Plug-in Keynote Manager sowie des Revit-Plug-ins BIM One und der Software Autodesk Revit das Vorgehen evaluiert.

Lösungsweg

Mittels Keynote Manager (kostenpflichtig) können externe Dateien mit einem Bauteil verknüpft werden. Dafür muss das betroffene Bauteil vorher bekannt sein. Dabei erleichtert ein Import von georeferenzierten Daten den weiteren Prozess und die Bauteile liegen im übergeordneten Koordinatensystem vor. Die Implementierung erfolgt jedoch nicht voll automatisch. Soll ein Sensor, z. B. ein Beschleunigungssensor, in das Modell integriert werden, so muss dieser zuvor als Bauteil angelegt werden. Ist dies erfolgt, können die SHM-Daten mit dem neu erzeugten Bauteil „Sensor“ verknüpft werden. Über Bauelementschlüssel (Keynotes) können Bauelemente innerhalb einer Baumstruktur gelistet werden.

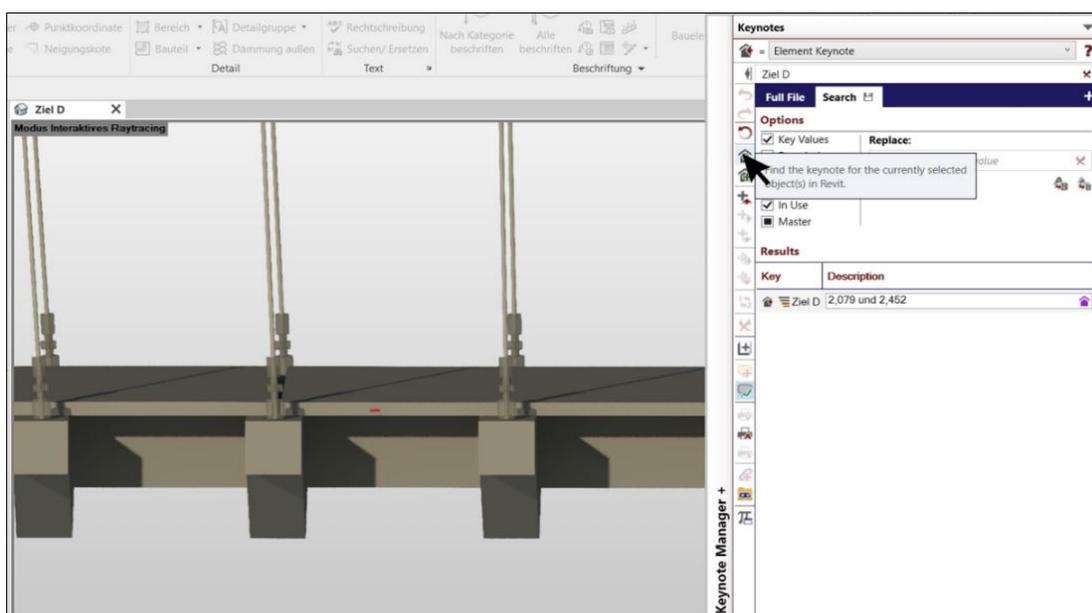


Abb. 3.1.11-1: Suche nach Bauelementschlüsseln für ausgewählte Bauelemente in Keynote Manager.

Individuelle Knotenpunkte ermöglichen dann die Verknüpfungen zu den Auswertedateien des SHM. Eine Erweiterung ist jederzeit möglich. Um internationale Dateistandards wie IFC (Industry Foundation Classes) verwenden zu können, muss nach Valinejadshoubi et al. (2017) in der Exportklassendatei der Sensortyp manuell definiert werden. Das Revit-Plug-in BIM One bietet die Möglichkeit, Excel-Dateien zu ex- und importieren. Dafür müssen die notwendigen Parameterstrukturen implementiert werden. Die Parameter werden dabei einer Familie innerhalb von Revit zugewiesen. Ein bestehendes Bauteil einer Familie wird demnach erweitert oder eine neue Familie mit den erwünschten Parametern angelegt. Die Verknüpfung erfolgt über Bauteillisten, welche auch den Ex- und Import der SHM-Daten ermöglicht. Erfolgt eine Änderung der Excel-Tabelle, wird diese automatisch von Revit bzw. BIM One aktualisiert. Ein IFC-Export der hinzugefügten Parameter konnte im vorliegenden Fall nicht erfolgreich ausgeführt werden.

Erfahrungen

Die Integration der SHM-Daten ist über beide verwendete Plug-ins im Ansatz umsetzbar. Jedoch sind die vorgestellten Vorgehensweisen aufwendig und benötigen jeweils eine eindeutige Zuweisung zu einem Bauteil oder Sensor. Dies kann, je nach verwendetem Messverfahren und verwendeter Integrierungsmethode, eine falsche örtliche Positionierung am Bauwerk bedeuten oder aber das Bauwerk unzweckmäßig um ein nicht reales Bauteil erweitern. Wird z. B. ein diskreter Punkt an einem Bauteil beobachtet und dessen Ergebnisse und Auswertungen dem gesamten Bauteil zugewiesen, geht die genaue Lage zu dem diskreten Punkt möglicherweise verloren. Beide erprobten Wege sind für den Anwendungsfall des SHM und die damit verbundenen Besonderheiten bei Weitem noch nicht optimal. Es gilt, sich mit dieser Problematik bei der Entwicklung des BIM weiter zu befassen und so eine wirtschaftliche und adäquate Integration der SHM-Daten zu realisieren.

Literatur

- Clemen, C.; Blankenbach, J.; Becker, R. (2019): 2.7 BIM – Management und Prozesse. In: Kaden, R.; Clemen, C.; Seuß, R.; Blankenbach, J.; Eichhorn, A.; Donaubaue, A. et al. (Hrsg.): Leitfaden Geodäsie und BIM, Version 2.0, S. 114.
- Del Grosso, A.; Basso, P.; Ruffini, L.; Figini, F.; Cademartori, M. (2017): Infrastructure management integrating SHM and BIM procedures. In: SMAR 2017 – Fourth Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures. Zürich, Switzerland.
- Valinejadshoubi, M.; Bagchi, A.; Moselhi, O. (2017): Managing Structural Health Monitoring Data Using Building Information Modelling. In: SMAR 2017 – Fourth Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures. Zürich, Switzerland.
- Zschesche, K.; Rau, L.; Schlüter, M. (2020): Optische Schwingungsmessungen: Status, Integration, Pros und Contras. In: Tagungsreihe GeoMonitoring, 12.-13. März 2020 in Braunschweig, S. 49-63. <https://www.repo.uni-hannover.de/handle/123456789/9394> (April 2020).

3.1.12 BIM im Straßen- und Tiefbau – modellbasiertes Navigieren im Praxiseinsatz

Beitrag von Helmut Mörtel

Problemstellung

Im Straßen- und Tiefbau werden digitale 3D-Modelle bereits seit den 1990er-Jahren genutzt. Baumaschinen sind in der Lage, komplexe Bauwerke weitgehend automatisiert herzustellen. Die dafür notwendigen geodätischen Basisdaten und geeigneten Datenmodelle werden üblicherweise von qualifizierten Vermessern bereitgestellt. Dies ist heute der Stand der Technik. Doch modernen Baufirmen, die ihre Baustellen im Straßen- und Tiefbau innovativ und kostengünstig abwickeln wollen, reicht diese Arbeitsweise nicht aus. Sie suchen nach Lösungen, die ihre Mitarbeitenden aller Ausbildungsrichtungen und Qualifikationen sicher und präzise zu den einzelnen Bauteilen eines Bauprojekts führen.

Softwarelösung zum Navigieren auf der Baustelle

Damit das modellbasierte Arbeiten einem weiten Kreis von am Bau Beteiligten bekannt gemacht wird und dann auch intensiv eingesetzt wird, hat das Softwarehaus isl-kocher aus Siegen ein neuartiges Navigationssystem für den Baustelleneinsatz entwickelt. Dabei wird erstmals im Straßen- und Tiefbau eine „einzige konsistente Datenquelle“ (siehe Kapitel 2.1.1) zur Navigation verwendet.

Das System bewährt sich auf unterschiedlichen Baustellen des Straßen- und Tiefbaus, sei es beim Aushub einer Baugrube, der Erstellung von Außenanlagen eines Logistikzentrums, einer einfachen Landstraße oder bei der Errichtung eines neuen Vorfelds für einen Flughafen. Mit dem Navigationssystem werden viele Fragen der räumlichen Zuordnung beantwortet, wo sonst ein Vermessungstechniker für Klärung sorgen musste.

Wesentliches Merkmal der Navigation ist die Selektion von Bauteilen aus dem Modell. Allein durch die Bewegung im Modell schlägt die Software immer die nächstgelegenen geometrischen Elemente vor, die der Selektion entsprechen und gibt die Abstände in Lage und Höhe zu diesen Elementen an. Diese Arbeitsweise funktioniert hervorragend, wenn das 3D-Modell im Idealfall von einem erfahrenen Vermessungsingenieur in Abstimmung mit den Baufachleuten erstellt wurde. Dies und das qualitativ hochwertige Festpunktfeld sind unabdingbar, um mit der Navigation gleichermaßen spielerisch wie exakt arbeiten zu können.

Dadurch, dass das 3D-Modell des gesamten Projekts in einem einzigen Datensatz vorliegt, werden keine Arbeitsaufträge oder Jobs erforderlich. Bei Aktualisierungen entsteht immer ein neues Gesamtmodell, in dem sich die Anwender bewegen können. Das Datenmanagement bleibt so beim Spezialisten. Neben diesen Vorarbeiten sollten dem Geodäten außerdem die Aufgaben einer stichpunktweisen Verprobung, die Messungen mit besonderen Genauigkeitsanforderungen und die Deformationsmessungen überlassen werden.

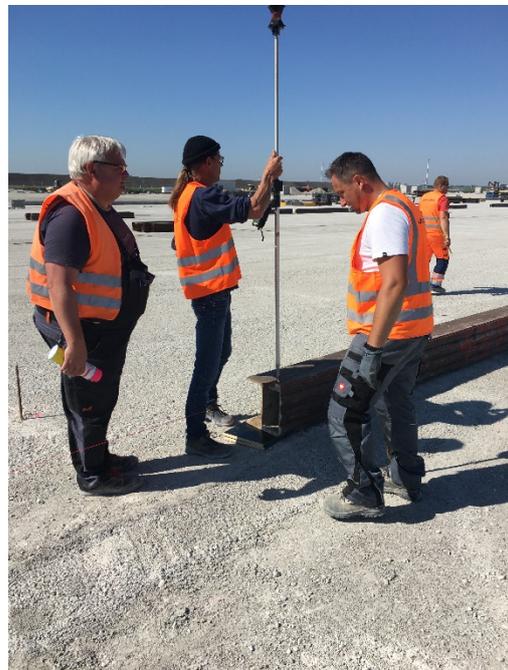


Abb. 3.1.12-1: Vermessungsarbeiten auf einer Baustelle für ein neues Vorfeld eines Flughafens.

Schließlich kann das 3D-Modell zur Navigation in seinen Bauteilen identisch sein mit einem Modell für weitere BIM-Anwendungen. Für Projektleiter, Bauleiter, Abrechner und Vermesser steht ein einheitliches und exaktes 3D-Modell zur Verfügung, um es mit den für sie jeweils wichtigen Informationen zu verknüpfen. Damit kann der Geodät als versierter Modellierer im BIM-Prozess eine Schlüsselstellung einnehmen. Im Zuge der Modellierung werden Unstimmigkeiten und Lücken aus der Planung quasi zwangsläufig sichtbar und können rechtzeitig geklärt werden.

Funktionsweise auf der Baustelle

Beim bisherigen Einsatz des Navigationssystems wurde als Positionssensor ein selbstverfolgendes Tachymeter eingesetzt. Die Stationierung erfolgt durch eine vom Menü gesteuerte Prozedur in einem Festpunktfeld, das vom Geodäten mit der erforderlichen Präzision und Punktdichte hergestellt wurde. Festpunkte, die zum Beispiel nicht den Anforderungen einer Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil: Vermessung (RAS-Verm) genügen, werden vom System nicht akzeptiert und lassen keine Navigation zu. Da die Festpunkte als solche im System hinterlegt sind, werden sie in der Stationierung automatisch erkannt und den Messungen zugeordnet. Der Anwender benötigt nur die Kenntnis, wo sich ein Festpunkt befindet, ohne dazu Punktbezeichnungen oder gar Koordinaten angeben zu müssen.

Anhand der gewählten Festpunkte legt das System einen aktiven Bereich im Projekt fest, in dem die Navigation angeboten wird. Außerhalb dieses Bereichs werden Anwender nur bei der Suche nach weiteren Festpunkten unterstützt, die möglicherweise zugewachsen oder von Erde oder Schnee verdeckt sind. Durch den aktiven Bereich wird ein Genauigkeitsverlust verhindert, der durch eine ungünstige Konstellation verursacht werden könnte. Zur Navigation werden nur die Bauteile eines Projekts angeboten, die im aktiven Bereich liegen. Damit und über eine weitere Selektion nach Bauteilfamilien wird das gewünschte Bauteil schnell gefunden und ausgewählt. Nach der Auswahl des Bauteils dürfen die Nutzer entscheiden, ob sie zu einzelnen Punkten, Linien oder Flächen des Bauteils geführt werden wollen. Nach dieser Selektion bewegen sich die Anwender einfach im Baufeld und werden ohne weitere Eingaben dorthin geleitet, wie es der Selektion entspricht.

Praxisbeispiele

Beim Bau eines **Flughafenvorfelds** (Abb. 3.1.12-1 und Abb. 3.1.12-2) sind nach dem Betoneinbau exakte Fugen zu schneiden. Nach der Selektion des Bauteils „Fugen“ und der Linie „alle Linien“ im Navigationssystem wird der Abstand zur jeweils nächstgelegenen Fuge dargestellt. An dieser Fuge wird auch eingeblendet, ob es sich zum Beispiel um eine Arbeitsfuge oder Raumfuge oder eine andere Fuge handelt.

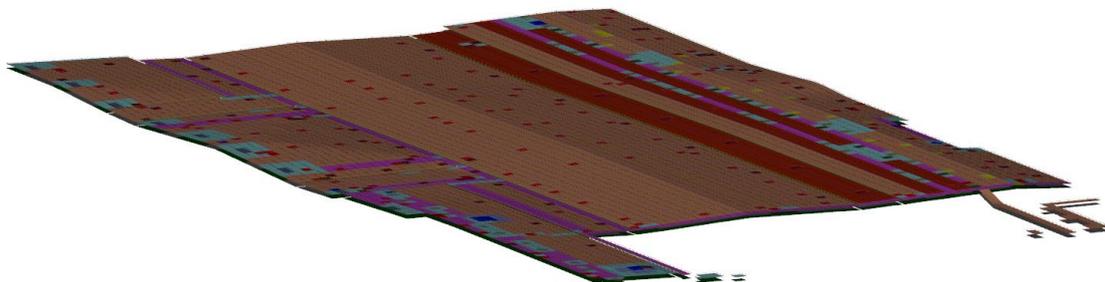


Abb. 3.1.12-2: Screenshot aus der Software isl-baustellenmanager, die ein 3D-Modell der hydraulisch gebundene Tragschicht eines Vorfeldflughafen-Projekts zeigt.

Beim **Asphalteinbau** soll ein Fahrdrabt hergestellt werden, der im Modell mit seinen Stützpunkten sowie mit der den Draht repräsentierenden Linie vorgegeben ist. Im Navigationssystem können Anwender wählen, ob sie zu den jeweiligen Punkten oder an beliebiger Stelle zum Fahrdrabt navigieren wollen. Nachdem die Pinne geschlagen ist, navigieren sie einfach nochmals, damit überall automatisch die exakte Höhe angezeigt wird.

Ein **Straßendamm** ist im Modell mit den Böschungen und dem Erdplanum vorgegeben. Außerdem enthält er die markanten Linien an der Böschungsoberkante und den Planumsknick beim hohen Fahrbahnrand. Möchten Anwender kontrollieren, ob sich das Planum schon auf der richtigen Höhe befindet, werden sie das Bauteil „Straßendamm“ und danach noch die Fläche „Erdplanum“ selektieren. Das Navigationssystem zeigt nun seine aktuelle Position, die des Instruments und die der ausgewählten Fläche. Sobald sich der Nutzer innerhalb der Fläche bewegt, wird fortlaufend ein Höhenvergleich Soll zu Ist angezeigt. Dabei ist es jederzeit möglich, Ist-Punkte zu registrieren, um sie für ein Protokoll als Qualitätsnachweis verwenden zu können.

Bei einer **Verkehrinsel** ist im Modell der Bordstein als Volumenkörper mit Linien und Punkten vorgegeben. Bei der Selektion Bauteil „Insel“ und Linie „Außenkante oben“ zeigt das Navigationssystem den jeweiligen Abstand zu dieser Linie und den Höhenversatz an. Neben vielen Punkten, welche den Linienvverlauf als kleinteiliges 3D-Polygon beschreiben, gibt es im Modell auch besondere Punkte, auf die der Anwender hingewiesen wird. Durch die Selektion „Punkte mit Kommentar“ führt die Navigation zu ebendiesen Punkten und blendet zum Beispiel den wichtigen Kommentar „Übergang R = 0,50“ ein.



Abb. 3.1.12-3: Screenshot der Navigation, der die Anwendung nach der Selektion „Radweg Decke“ und „Linien“ zeigt. Dem Anwender wird dynamisch der aktuelle rechtwinklige Abstand (0,366 m) und die Höhendifferenz (0,511 m) zum Rand angezeigt.

Fazit

Die bisherige Praxis zeigt, dass die Baustellennavigation bestens für den Einsatz in modernen Straßen- und Tiefbaubetrieben geeignet ist. Aber auch auf der Auftraggeberseite könnte die Baustellennavigation etwa zu Kontrollmessungen sehr gut verwendet werden. Das modellbasierte Arbeiten wird damit einer breiten Nutzerschaft im Bauwesen zugänglich gemacht; zudem ist der Einsatz von 3D-Modellen jetzt nicht mehr an bestimmte Vorkenntnisse der Baufachleute gebunden. Der logische Aufbau der Software sowie die intuitive Benutzerführung sind wichtige Merkmale, die Anwender überzeugen.

3.1.13 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.

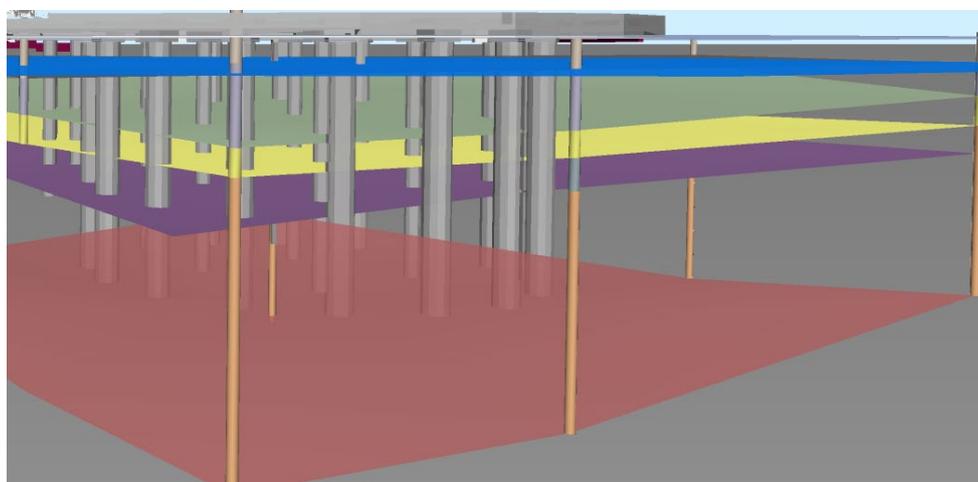


Abb. 3.1.13-1: Praxisbeispiel: Geologisches Schichtmodell mit Homogenbereichen.

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.

3.1.14 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

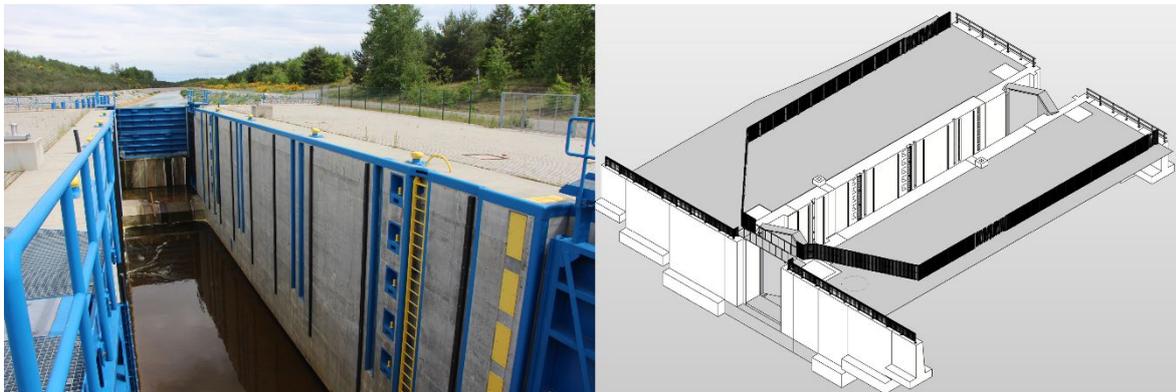


Abb. 3.1.14-1: Blick in die Schleusenkammer (Foto: Palme), BIM-Modell der Schleuse.

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 Schleusenkammer.

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 Schleusenkammer wurde über den Vergleich des Soll- und Ist-Zustands der Schleusenkammerwände sowie die Bestimmung der realen Schleusenkammerbreite 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

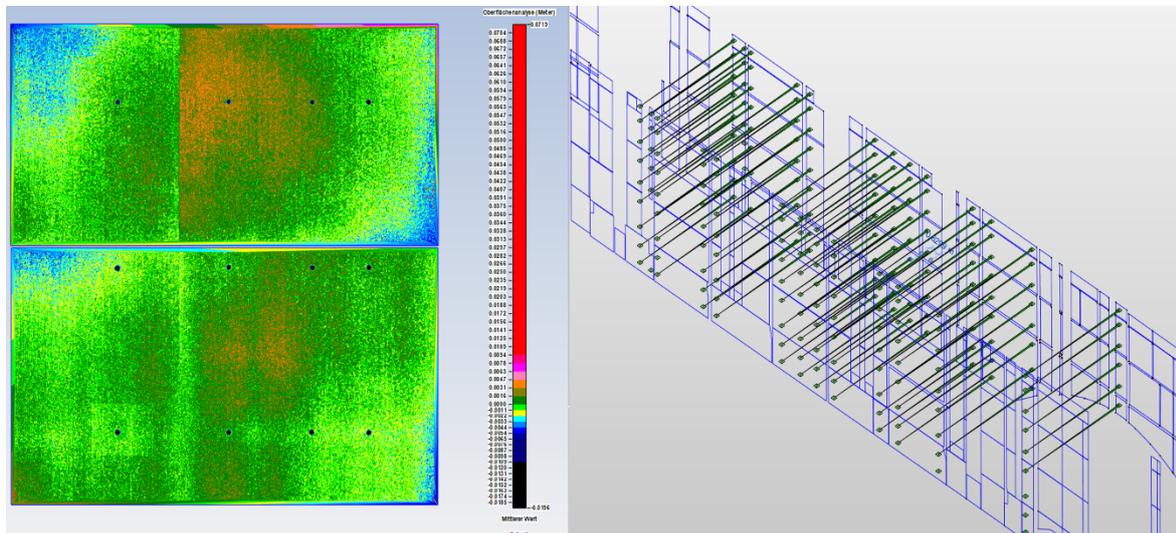


Abb. 3.1.14-2 links: Ergebnis der Punktwolkenanalyse ausgewählter Abschnitte (*FARO AS-BUILT* für *REVIT*), rechts: Visualisierte Abstände zwischen Einzelpunkten (*DYNAMO*-Skript).

der Sollbreite der Schleusenammer 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).

3.1.15 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. 3.1.15-1: 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. 3.1.15-1 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. 3.1.15-1) 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.

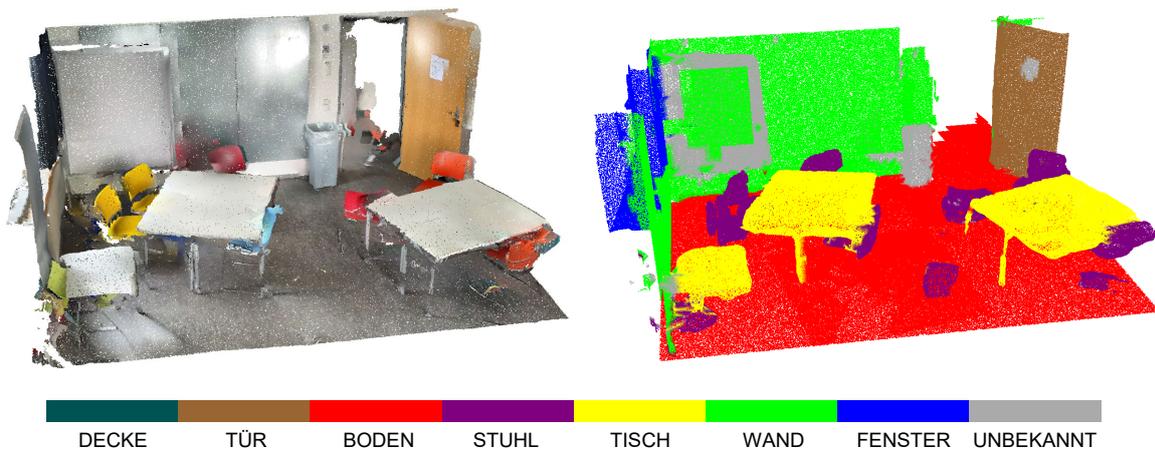


Abb. 3.1.15-2: Visualisierung der RGB-texturierten (links) und in Echtzeit klassifizierten (rechts) 3D-Punktwolke durch die entwickelte AR-Anwendung, erfasst mit einem Apple iPhone 12 Pro.

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. 3.1.15-2). 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.
- 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.

3.1.16 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. 3.1.16-2), 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. 3.1.16-1) 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

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.

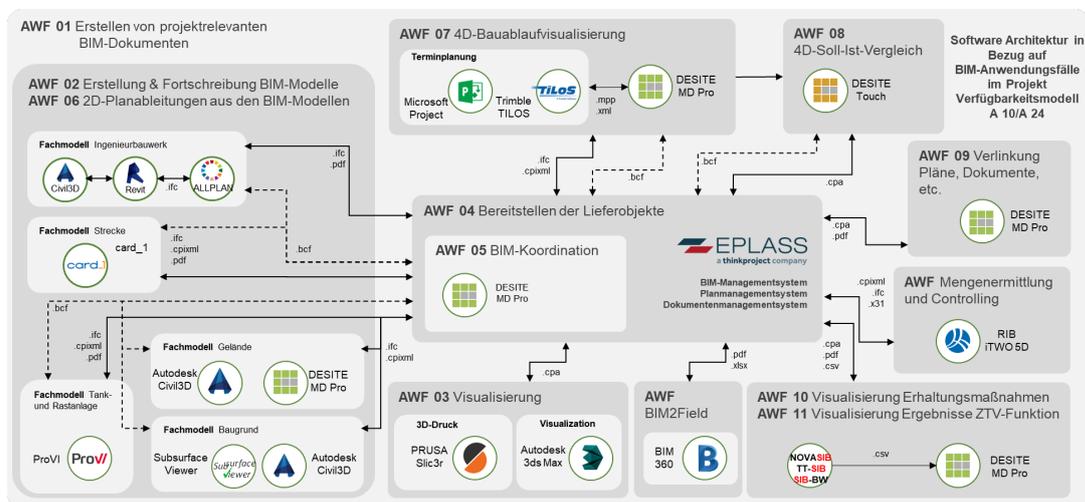


Abb. 3.1.16-2: Software Architektur im Projekt „Verfügbarkeitsmodell A 10/A 24“.

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.

3.1.17 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 (Terrestrisches 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

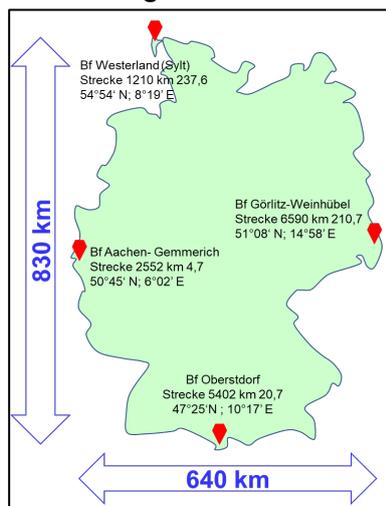


Abb. 3.1.17-1: Geographische Ausdehnung.

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

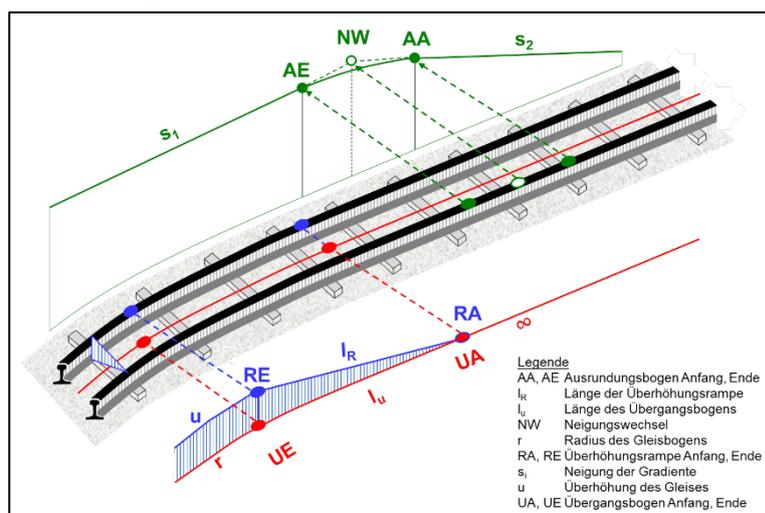


Abb. 3.1.17-2: Abbildung der Eisenbahntrasse.

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 Zweiggleis) 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 ≥ 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
Datumsübergang von ETRS89 nach DB_REF		Datumsübergang von DB_REF nach ETRS89	

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_{DB_REF}). 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.

3.1.18 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. 3.1.18-1: 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.

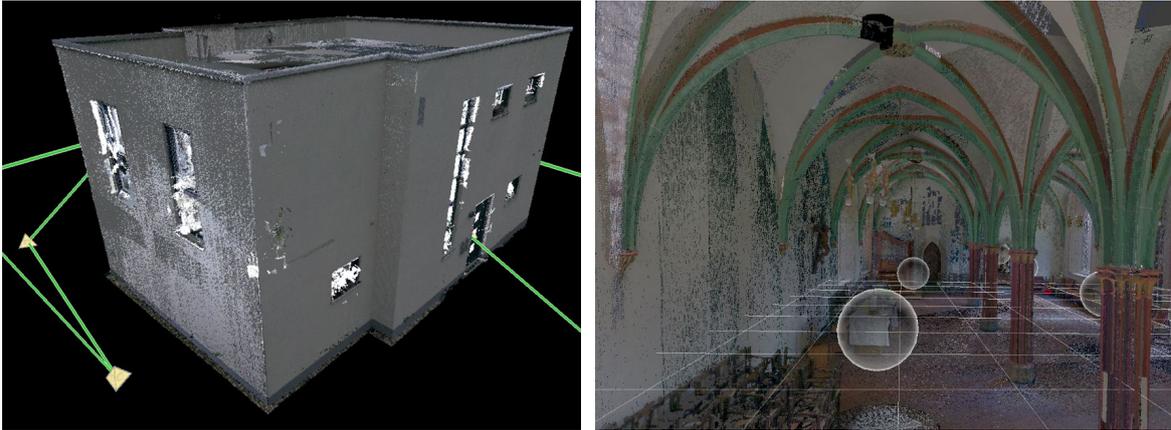


Abb. 3.1.18-2: Links: Punktwolke der Stadtvilla visualisiert in Leica Cyclone Register 360. Rechts: Punktwolke des gotischen Klosterbaus visualisiert in Autodesk ReCap.

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.

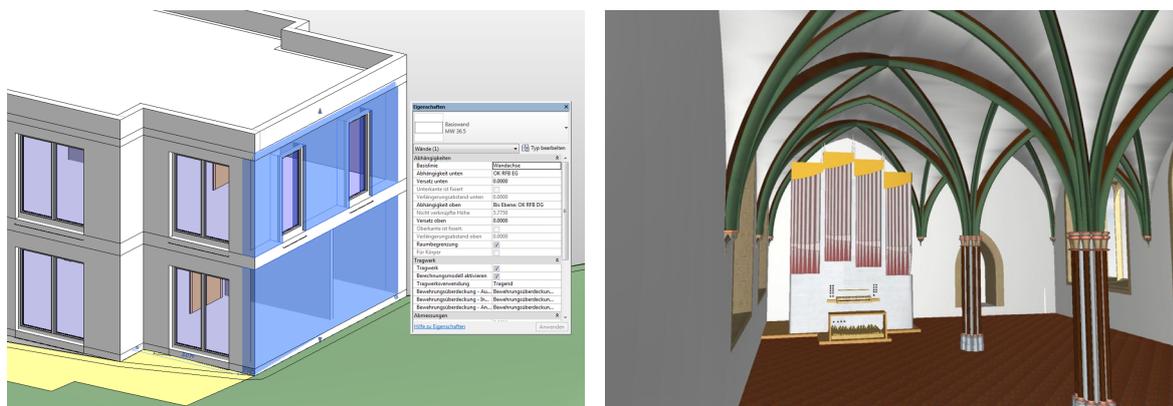


Abb. 3.1.18-3: Links: BIM-Modell der Stadtvilla im Bauhausstil mit selektierter Wand im normierten Rohbaumaß (inkl. Putzabzug), visualisiert in der BIM-Autorensoftware Revit von Autodesk. Rechts: BIM-Modell des gotischen Klosterbaus mit Deckenkonstruktion bestehend aus Bündelpfeiler, Rippen und Kappe, 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.

Literatur

- Allplan Deutschland GmbH (2020): Das Allplan Lösungsportfolio. <https://www.allplan.com/de/>.
- Autodesk GmbH München (2020): Revit. <https://www.autodesk.de/products/revit>.
- Kaden, R.; Weck, K. (2021): BIM as Built. Münchner GI-Runde, Runder Tisch GIS e. V., Technische Universität München.
- Kaden, R. et al. (2020): Leitfaden Geodäsie und BIM. https://rundertischgis.de/publikationen/leitfaden.html#a_bim_geo,
- Weck, K. (2019): Untersuchung zur Erfassung und Modellierung gewölbter Gebäudestrukturen in BIM am Beispiel des Predigerklosters in Erfurt. Masterarbeit, Fachgebiet Vermessung und Geoinformatik, Fachhochschule Erfurt.

3.1.19 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. 3.1.19-1: Punktwolke „Mannheim-Käfertal“.



Abb. 3.1.19-2: 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.

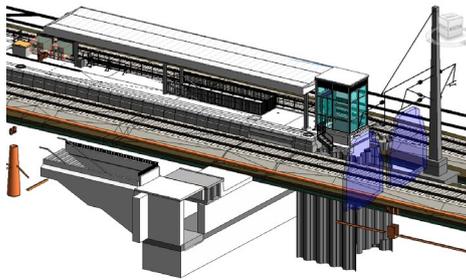


Abb. 3.1.19-3: Revit-Modell.



Abb. 3.1.19-4: 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.

3.2 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

Einleitung

Kennen Sie folgendes Szenario: Sie schauen mit Projektbeteiligten, Ihrem Auftraggeber oder gar in der Öffentlichkeit auf einen Plan und kommen in Verlegenheit, konkrete Aussagen über Einzelheiten des Projekts 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-punktierten 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 einer Straßenplanung inklusive der Entwässerung. Als Grundlage für die 3D-Modelle wurden vielfältige GIS-Daten aufbereitet, wie im Beitrag „Geodaten umfassend nutzen“ beschrieben.



Abb. 3.2.1-1: Das Untersuchungsgebiet – CARD_1 Projektbeispiel: Kanal.

Hintergrund

Als Virtuelle Realität (VR) wird die computergenerierte, interaktive Darstellung der Wirklichkeit beschrieben, in der der Anwender die physikalischen Eigenschaften der Umgebung wahrnehmen kann. Zur 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 Planungsungenau-

igkeiten sind unmittelbar zu erkennen und lassen sich gleich ausbessern. Als weiterer Anwendungsfall ist zukünftig eine virtuelle Baubesprechung denkbar, 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 (siehe Abbildung 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.

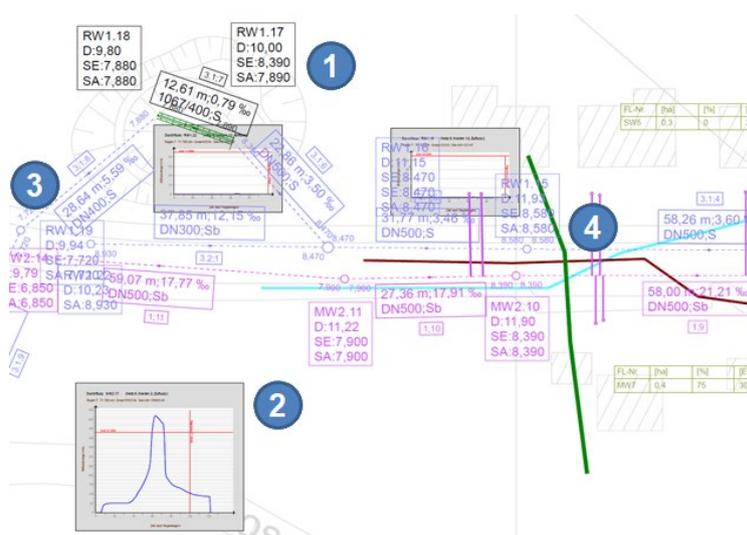


Abb. 3.2.1-2: Ausschnitt Kanallageplan.

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 Abbildung 3.2.1-3). 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 (l) und oberirdisch (r).

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 Abbildung 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 der 4D-Füllstandssimulation.

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. Abbildung 3.2.1-4). 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.

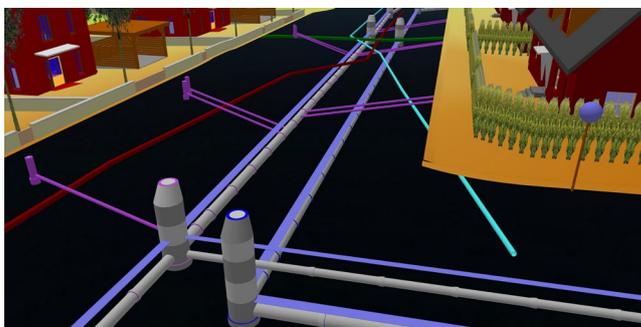


Abb. 3.2.1-4: Unterirdische Leitungsverläufe.



Abb. 3.2.1-5 VR-Anwendung CARD_1.

Für all diese Problemfälle eignet sich natürlich auch die VR-Visualisierung. Mit card_1 muss der 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 potenzielle 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. Abbildung 3.2.1-2 und Abbildung 3.2.1-4: 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

Die dreidimensionale Modellierung, die durch die BIM-Methodik zum Standard wird, erschafft ohne Mehraufwand eine weitere Möglichkeit, die Projektdaten zu visualisieren. Durch moderne Technologien kann sich jeder Beteiligte in das Projekt hineinversetzen, Planungsfehler erkennen und ver-

ständig mit Auftraggebern und Öffentlichkeit kommunizieren. Die ersten Betrachter der VR-Visualisierung sind begeistert und nutzen die Technologie bereits erfolgreich in ihren Projekten für den Austausch mit Projektbeteiligten.

3.2.2 Kooperation auf der Basis von BIM- und GIS-Anwendungen

Beitrag von Andreas Carstens (Autor) und Ozgür Ertac (Ansprechpartner)

Problemstellung

Im Leitfaden 2017 wurden Grundlagen, erste Erfahrungen und das Potenzial von BIM-GIS-Workflows behandelt (Carstens & Ertac 2017; Kap. 3.2.3 BIM-GIS-Workflows im Infrastrukturmanagement). Im vergangenen Jahr hat das Interesse daran in der Bauwirtschaft stark zugenommen. Es wurden Softwarelösungen eingeführt, die den Beteiligten der Bauwirtschaft völlig neue Möglichkeiten in der durchgängigen Prozessgestaltung ermöglichen. Als methodische Grundlage wird das *BIM-GIS-Vorgehensmodell* eingeführt, das spezifische BIM-Aufgaben mit den entsprechenden Geodaten und GIS-Anwendungen zusammenführt. Im Vordergrund des Vorgehensmodells steht die Verknüpfung von BIM-Objektmodellen mit ihren Umgebungsdaten und damit ihre Verbindung zu BIM-GIS-Workflows für Anwendungen und Lösungen im digitalen Raumbezug (Abbildung 3.2.2-1).

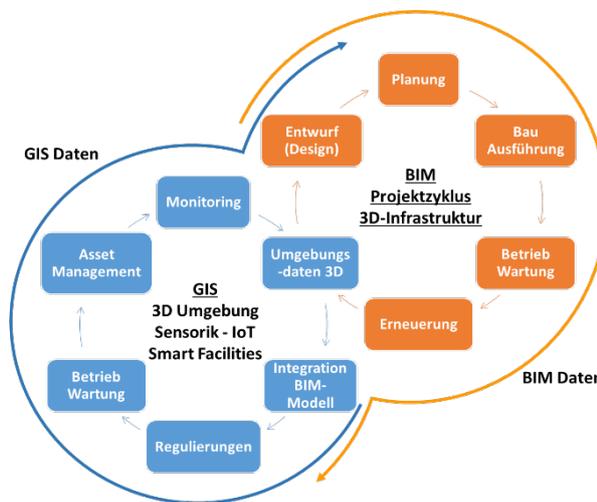


Abb. 3.2.2-1: BIM und GIS-Umgebungsdaten als Schnittstelle zwischen BIM-Projektzyklus und GIS-Lösungen.

In Abbildung 3.2.2-2a und b sind zur Veranschaulichung Beispiele von BIM-Objektmodellen in BIM und GIS-Autorensystemen gegenübergestellt. Die nachfolgenden Lösungswege beschreiben sowohl den methodischen Ansatz im *BIM-GIS-Vorgehensmodell* (Lösungsweg 1) als auch die softwaretechnische Umsetzung am Beispiel ausgewählter Produkte (Lösungsweg 2).

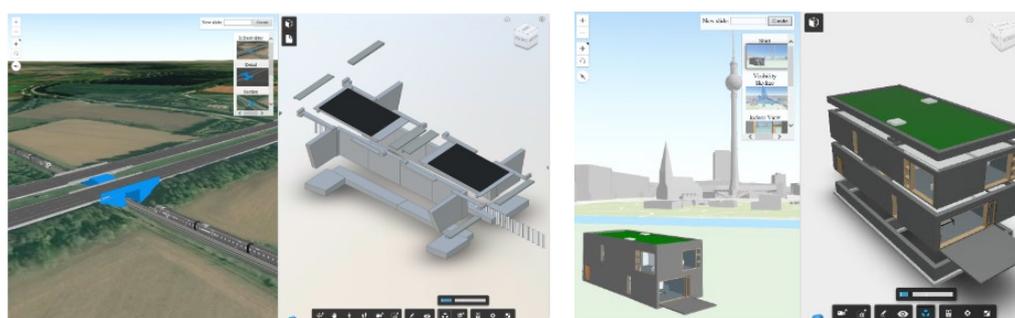


Abb. 3.2.2-2a und b: GIS- und BIM Autorensysteme – BIM-Objektmodell im GIS.

Lösungsweg (1) – Das BIM-GIS-Vorgehensmodell als Grundlage für Zusammenarbeit

Aufgrund der hohen Komplexität der BIM-GIS-Verknüpfung ist ein systematischer Ansatz erforderlich. Mit dem *BIM-GIS-Vorgehensmodell* lassen sich BIM-Aufgaben mit den dazugehörigen GIS-Aufgaben korrelieren, d. h. erforderliche Daten und Funktionalität aus beiden Bereichen zusammenführen und die Ziele für das Kooperationsergebnis definieren. BIM-Modelle beanspruchen geographischen Umgebungsdatenraum. Mit dem BIM-Modell (digitaler Zwilling) aus BIM-Autorensystemen korrelieren die dazugehörigen Umgebungsdaten aus GIS-Systemen. Die Integration der BIM-Modelle in GIS-Systeme erfolgt über IFC-Format und Transformation oder durch direktes Einlesen von BIM-Formaten (z. B. REVIT durch ARCGIS PRO).

Die digitale geographische Umgebung enthält die Einflussgrößen, die sich auf das BIM-Modell auswirken. Umgekehrt sind seine Auswirkungen auf die Umgebung erst im Umgebungsdatenraum zu ermitteln. Neben dem räumlichen Bezug der GIS-Daten wird auch ihre zeitdynamische Veränderung im Projektzyklus dargestellt („4D“). Aus den BIM-GIS-Kooperationsergebnissen lassen sich sowohl die Gestaltung der Umgebung als auch des Objektmodells selbst ableiten. Die Realisierung erfolgt in den Autorensystemen BIM und GIS. An die im räumlichen Bezug integrierten BIM-Modelle setzen sowohl Lösungen an, die direkt im Bezug zum BIM-Objektmodell stehen als auch solche, die überwiegend mit Betriebsabläufen bei Planung, Bau und Betrieb zu tun haben.

Mit dem *BIM-GIS-Vorgehensmodell* werden die BIM-Anwendungsfälle (Abbildung 3.2.2-3, rechts) und deren spezifischen Aufgaben in Beziehung mit den Umgebungsdaten gesetzt, damit auf der GIS-Ebene (links) die erforderlichen Geodaten und GIS-Funktionen (Programme, Apps, Fachanwendungen) ausgewählt werden. Beispielhaft sind im *BIM-GIS-Vorgehensmodell* Anwendungsfälle wie die Festlegung der gemeinsamen Datengrundlage oder Integration des BIM-Modells in den GIS-Datenbestand und in Abbildung 3.2.2-4 Kollisionsermittlung und Versionsvergleich des BIM-Modells veranschaulicht. Am

BIM UND GIS – AUSGANGSDATEN UND INTEGRATION

GIS Anwendung im BIM-Kontext	Verwendung der Geodaten (Kontext) Desktop / mobil	BIM-GIS Kooperationsergebnis		Verwendung von BIM-Daten in Desktop oder mobil	BIM Anwendungsfälle
Geodatenbank als eindeutige Datengrundlage (single source of truth) BIM Objektmodell wird integriert und nur im BIM-Autorensystem geändert	gemeinsame Festlegung zum Planungsdatenbestand Dynamik der Geodaten	- Aktuelle Daten für Design, Planung, Bau, Betrieb und Umbau / Erneuerung - Szenarien bei Änderungen in der Zukunft	- Aktuelle Umgebungsdaten - Planungsfehler vermeiden	Planungsbezug zum aktuellen Umgebungsdatenbestand	Eindeutige gemeinsame Datengrundlage BIM Modell (single point / single source of truth)
BIM Modell integriert in ArcGIS (IFC; Revit) 3D Geodatenbestand als digitaler Kontext für das BIM Objektmodell Bereitstellung als Web Service für Projektbeteiligte (Kollaboration)	Anpassungen der Projektverantwortlichen in Geodaten (nach Phase Design, Planung, Bau, Betrieb und Umbau / Erneuerung)	- Ergebnisse Geo-Analyse - Auswirkung vom BIM-Modell im Kontext	- Abgestimmte und dokumentierte Ergebnisse am BIM-Modell - Änderungen im BIM-Autorensystem	Besprechungen und Anpassungen der Projektverantwortlichen am BIM Modell (nach Phase Design, Planung, Bau, Betrieb und Umbau / Erneuerung)	BIM-Modell integriert im Umgebungsdatenbestand Abstimmung zu Kollaboration

Abb. 3.2.2-3: BIM Anwendungsfälle Festlegung der gemeinsamen Datengrundlage und Integration BIM-Modell in den GIS-Datenbestand.

Beispielhaft sind im *BIM-GIS-Vorgehensmodell* Anwendungsfälle wie die Festlegung der gemeinsamen Datengrundlage oder Integration des BIM-Modells in den GIS-Datenbestand und in Abbildung 3.2.2-4 Kollisionsermittlung und Versionsvergleich des BIM-Modells veranschaulicht. Am

BIM UND GIS - KOLLISIONSERMITTLUNG, VERSIONSVERGLEICH

Vorrangige GIS Anwendung im BIM-Kontext	Verwendung der Geodaten (Kontext) Desktop / mobil	BIM-GIS Kooperationsergebnis		Verwendung von BIM-Daten in Desktop oder mobil	BIM Anwendungsfälle
Leitungs-, Verkehrs- und Nutzungs-Infrastruktur (Utilities)	Kollisionsermittlung im Umgebungsdatenbestand Änderungen relevanter Utility-Daten	- Kollisionsfreie Korridore und Flächen - Varianten	- Aktualisierung mit Umgebungsdaten	Kollisionsprüfung im BIM Datenbestand	Kollisionsermittlung
Versionen von Daten und Varianten in 4D	Sicherung der Historie	- Abgleich am Standort	- Aktualisierung Datenbestand - Prüfung möglicher Auswirkungen	Versionen von Plänen und Änderungen nachvollziehen	Versionsvergleich

Abb. 3.2.2-4: BIM-Anwendungsfälle Kollisionsermittlung und Versionsvergleich.

Beispiel der 3D-Kollisionsermittlung wird deutlich, dass die Prüfung von möglichen Planungswidersprüchen (Elementüberschneidungen) nicht nur objektspezifisch, sondern auch für den beanspruchten Bau- raum (unter- und oberirdisch) erfolgen muss.

Je nach Fragestellung sind die Kooperationsergebnisse (Mitte) der Projektverantwortlichen in BIM und GIS über alle Phasen des Projektzyklus anwendbar.

Weitere Beispiele zu vorrangigen BIM-Fragstellungen sind mobiler Dokumentenzugang, virtuelle Bauwerksbesichtigung, Dokumenten-, Content- und Mängelmanagement.

Lösungsweg (2) – BIM- und GIS-Software – strategische Partnerschaft Autodesk und Esri

Mehr Informationsaustausch und verbesserte Zusammenarbeit bei öffentlichen Infrastrukturprojekten sind die Hauptmotivation für die Einführung der BIM-Methodik in Deutschland. (*Viele Zusammenhänge gelten auch ohne Anwendung der BIM-Methodik in der 3D-Digitalisierung für die Prozesse der Bauwirtschaft (3D-CAD-Objektmodell; Betriebsabläufe).*)

Damit digitale Integration und nachfolgende Prozesse anwendbar sind, muss natürlich entsprechende Software als Instrumentarium zur Verfügung stehen. Ein Lösungsbereich besteht aus der Integration von BIM-Objektmodellen im Umgebungsdatenbestand und die darauf aufbauende Interaktion von BIM und GIS. Autodesk Corp. und Esri Inc. haben diese Entwicklung frühzeitig erkannt und ihre strategische Kooperation darauf ausgerichtet (Nov. 2017). Seitdem werden wichtige Meilensteine der BIM- und GIS-Softwareentwicklung erreicht und fortgeführt:

- ArcGIS Pro liest Autodesk Revit-Daten (BIM-Objektmodelle) direkt. Neu entwickelte direkte Übernahme von AutoCAD Revit-Modellen (BIM) durch ArcGIS Pro 2.2 oder aktuellere Versionen: [Link 1](#): Übernahme, [Link 2](#): Georeferenzierung.
- Der neue Layer-Typ für BIM-Daten, „Gebäude-Szenen-Layer“ integriert BIM und GIS in der ArcGIS Plattform. Ein Szenen-Layer ist ein Layer-Typ, der für die Darstellung großer 3D-Datenmengen in einer Szene optimiert. Man kann Gebäude-Layer (Revit-Daten) zum Erstellen eines Gebäude-Szenen-Layers verwenden. [Link](#)
- Neu entwickelter InfraWorks ArcGIS Connector verknüpft InfraWorks mit ArcGIS Online und ArcGIS Enterprise. [Link](#)
- Online-Video – so stellen Sie eine Verbindung in InfraWorks zu Daten aus der ArcGIS Plattform her. [Link](#)
- Update von ArcGIS for AutoCAD: New release ArcGIS for AutoCAD
ArcGIS for AutoCAD versorgt AutoCAD Nutzer mit dem Zugang zu ArcGIS Web Services (content und Funktion) und ermöglicht, ArcGIS Daten in AutoCAD .DWG Files mit anderen zu teilen). [Link](#)

Diese Softwareentwicklungen ermöglichen die Nutzung von GIS-Content und GIS-Funktionalität zusammen mit dem BIM-Autorensystem. Darüber hinaus bieten diese und weitere Softwareentwicklungen den BIM- und GIS-Nutzern eine Fülle neuer Gestaltungsmöglichkeiten nicht nur im BIM-Kontext, sondern auch für die Abläufe bei Planung, Bau und Betrieb. Gleichzeitig nutzen Autodesk BIM und ArcGIS die Plattformtechnologie für Austausch, Information und Kooperation.

3D-GIS-Lösungen für die AIB-Branche und BIM-Anforderungen

Ein weiterer Lösungsbereich sind international bereits weit entwickelte GIS-Workflows für die Planungs- und Baubranche. Der folgende [Link](#) führt zu zahlreichen Demos und Anwendungen, die Anregungen für Workflows geben und das Vorgehensmodell in Abbildung 3.2.2-3 und 3.2.2-4 unterstützen (Karten, Layer, Web-Szenen, Apps).

Literatur

Carstens, A.; Ertac, Ö. BIM-GIS-Workflows im Infrastrukturmanagement. In: Kaden, R.; Clemen, C.; Seuß, R.; Blankenbach, J.; Becker, R.; Eichhorn, A.; Donaubaue, A.; Kolbe, T. H.; Gruber, U., DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (Hrsg.): Leitfaden Geodäsie und BIM – Version 1.0, 26. September 2017. DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement; Runder Tisch GIS e. V.; [Link zum Leitfaden](#)

Referenzen

Özgür Ertac 2017: [Autobahn 99 BIM & 3D GIS](#)

Özgür Ertac 2018: [BIM-Berlin 3D-View](#)

3.2.3 Planungsoptimierung von Ingenieur- und Umweltplanung durch Integration von BIM und GIS

Beitrag von Jörg Schaller, Leon Reith, Sebastian Freller und Johannes Gnädiger

Problemstellung

Im Rahmen eines Pilotprojekts der Autobahndirektion Südbayern wurde von der beauftragten *SSF INGENIEURE AG* in Zusammenarbeit mit dem Partnerunternehmen *PROF. SCHALLER UMWELTCONSULT GMBH (PSU)* geprüft, inwieweit die zurzeit in der Unternehmensgruppe zur Verfügung stehenden BIM- und GIS-Softwaretechnologien kombiniert werden können, um die digitalen Planungsprozesse und den Informationsaustausch zwischen Ingenieur- und Umweltplanern zu optimieren. Gegenstand des Bauvorhabens ist der achtstreifige Ausbau eines Teilstücks der A99 (Schaller et al. 2017). Neben der Erneuerung der Brückenbauwerke und des Oberbaus sind auch Maßnahmen zum Lärmschutz geplant.

Im Fokus stehen bei diesem Pilotprojekt des Bundesverkehrsministeriums die zukünftigen Anforderungen an einen reibungslosen gegenseitigen Datenaustausch zwischen Ingenieuren und Umweltplanern, um die damit im Zusammenhang stehenden Umweltbelange schon von Planungsbeginn an über die Projektdurchführung bis hin zur Fertigstellung zu optimieren, Planungsprozesse zu beschleunigen und die umweltbezogenen Maßnahmen zu überwachen.

GeoDesign als Konzept zur integrierten Bearbeitung von BIM- und GIS-Datenbanken

Von *GEODESIGN* wird in der GIS-Terminologie gesprochen, wenn in einem gestuften Planungsprozess Geoinformationen herangezogen werden, um die Ingenieurplanungen in der jeweiligen Projektphase aus der Sicht der Umweltplanung zu optimieren bzw. Kollisionen durch rechtzeitigen Informationsaustausch zu vermeiden. Hierzu wurden die BIM- und GIS-Workflows kombiniert. Damit können die verwendeten Datenbanken sowohl den beteiligten Ingenieuren als auch Umweltplanern über geeignete Schnittstellen zur Verfügung gestellt werden (Abbildung 3.2.3-1).

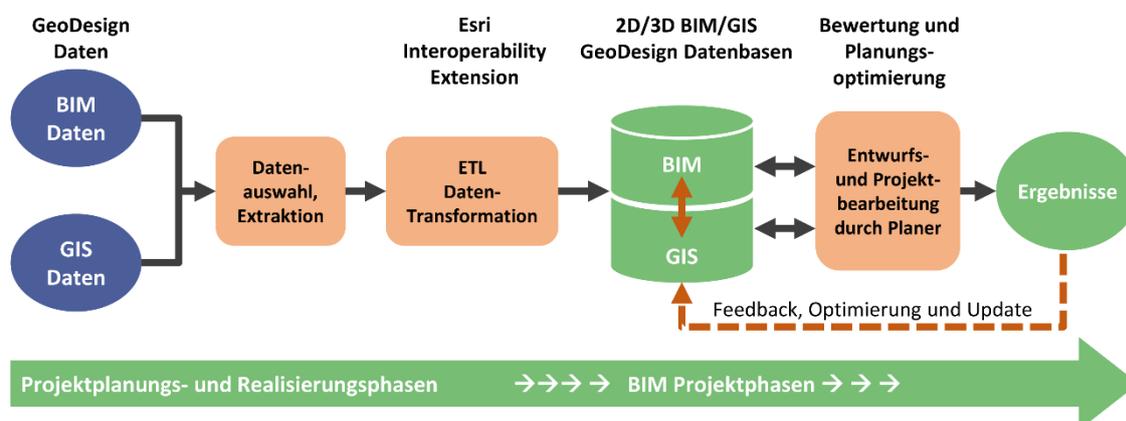


Abb. 3.2.3-1: Datentransformation- und Austausch im integrierten BIM- und GIS-Geodesign-Konzept.

Ingenieur- und Umweltplanung im BIM-GIS-Cycle

BIM basiert auf der Idee einer durchgängigen Nutzung eines digitalen 3D-Gebäude- oder Infrastrukturmodells über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks, von Entwurf über Planung und Ausführung bis hin zu dessen Betrieb, Bewirtschaftung sowie Umbau bzw. Rückbau. Um die Grenzen zwischen den bisher voneinander getrennten GIS- und BIM- Planungs- und Informationssystemen

zu überwinden, wurde der BIM-Cycle mit den Phasen von Umweltplanung und -maßnahmen synchronisiert.

Der BIM-GIS-Cycle veranschaulicht den Datenaustausch und den Datentransfer innerhalb des integrierten BIM-GIS-Umweltplanungsprozesses. Er zeigt zudem, wie die interdisziplinäre digitale Kooperation zwischen Ingenieuren und Umweltplanern erfolgen muss, um eine erfolgreiche Projektplanung und Implementierung zu gewährleisten (Abbildung 3.2.3-2).

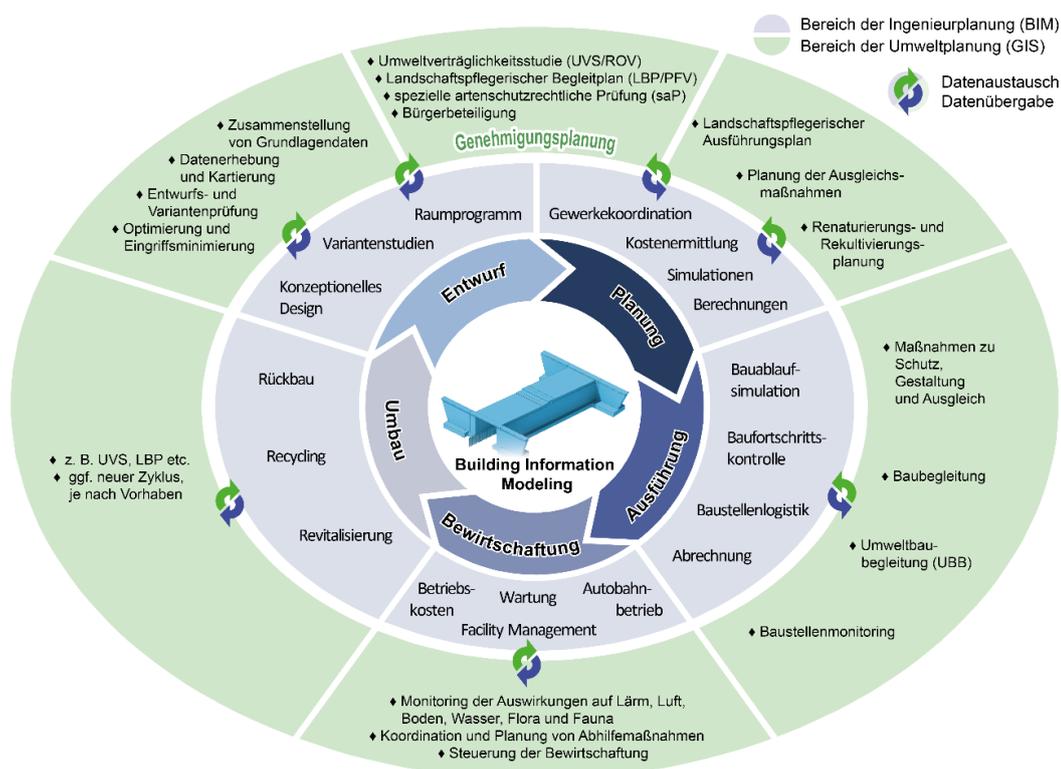


Abb. 3.2.3-2: BIM-GIS-Cycle (Borrmann et al. 2015, ergänzt).

Die technische Umsetzung der Integration von BIM und GIS

Als Schnittstelle zwischen GIS und BIM fungiert das Spatial-ETL-Werkzeug FME des ESRI-Partners *SAFE SOFTWARE*, welches als eigenständiges Produkt oder direkt über die *ESRI DATA INTEROPERABILITY EXTENSION* aus dem *ARCGIS*-System heraus verwendet werden kann. ETL beschreibt einen Prozess, bei dem Daten mit unterschiedlichen Formaten und Strukturen geladen, in ein Zielsystem transformiert und gespeichert werden. Aus der im Pilotprojekt eingesetzten 4D-BIM-Software *AUTODESK REVIT* wurde als Beispiel ein Brückenbauwerk im Industriestandard-Format IFC exportiert und mittels FME in das GIS übertragen. Diese Methode erlaubt die Integration des georeferenzierten BIM-Modells in die 2D-/3D-Geodatenbasis.

Bilanzierung von Bauwerksauswirkungen, Eingriffen und Ausgleich

Durch die Integration des Bauwerks in die GIS-Datenbank kann es mit jedem der 2D- oder 3D-GIS-Datenlayer verschnitten, analysiert, beurteilt bzw. auch quantitativ, z. B. zur Ermittlung des ökologischen Kompensationsbedarfs, bilanziert werden. Durch einfache GIS-Operationen können Bauwerksauswirkungen schon frühzeitig erkannt, mögliche Kollisionen aufgedeckt bzw. vermieden und dadurch die Ingenieurplanung optimiert werden (Abbildung 3.2.3-3). Die Integration der Ergebnisse externer Fachmodelle, wie Schadstoff- und Lärmausbreitung, lokalklimatische Auswirkungen (Kaltluftabfluss) oder auch Hochwassermodellierungs- oder Biotop-Vernetzungsszenarien, können mit

der ETL-Methode auf einfache Weise in die GIS-Umwelt-Datenbank integriert werden, um die notwendigen Bewertungen durchzuführen und Schlussfolgerungen für die Optimierung der Ingenieurplanung ziehen zu können.

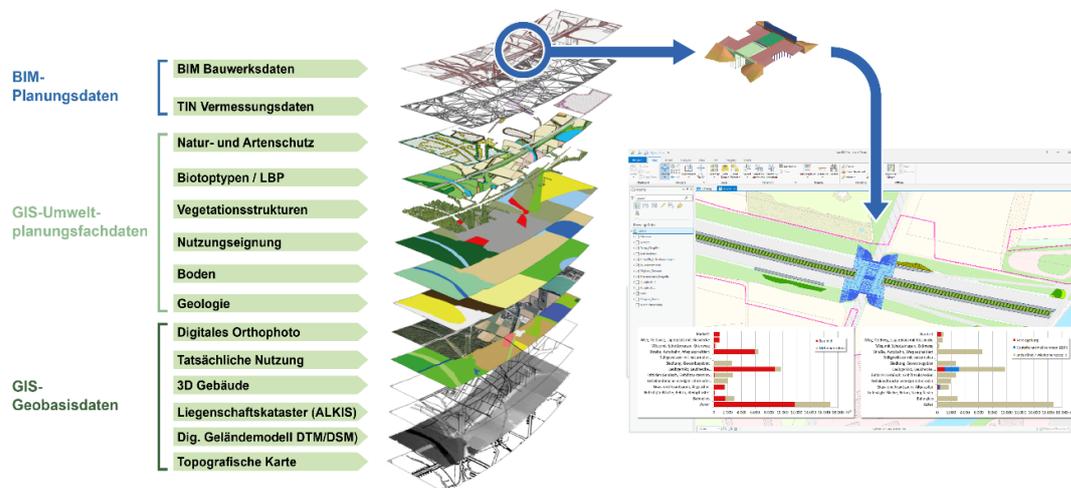


Abb. 3.2.3-3: Integration des Bauwerks in die Geodatabase und Bilanzierung des Kompensationsbedarfs.

Erfahrungen und erste Anregungen aus dem BIM-/GIS-Pilotprojekt

Grundsätzlich wurde bei der Projektbearbeitung davon ausgegangen, dass 3D-CAD/BIM und 3D-GIS-Softwaresysteme zurzeit noch als jeweils in sich geschlossene Systeme betrachtet werden müssen, die für verschiedene Aufgaben in der Planungspraxis optimiert und im jeweiligen Anwendungsfeld hochspezialisiert eingesetzt werden. Die jeweiligen Workflows sind auch aus Gründen der jeweiligen Fachlogik (z. B. Konstruktion mit CAD, Analyse mit GIS) ganz verschieden. Trotzdem können – zur verbesserten interdisziplinären Kooperation – die jeweiligen Resultate der fachbezogenen Projektbearbeitung durch Interoperation-Workflows grundsätzlich auch gegenseitig ausgetauscht und in die jeweilige Datenbank für die Weiterbearbeitung geschrieben werden.

Die Integration der Ergebnisse der konstruktiven 3D-Planung des Ingenieurs mit den GIS-Daten der Umweltplaner erfordert das wechselseitige Verständnis der Struktur und Semantik des jeweiligen Datenmodells damit bei Import und Export der Inhalte keine Verluste oder Fehlinterpretationen auftreten. Als anspruchsvolle Aufgabe der beteiligten Ingenieur- und Umweltplaner müssen gemeinsame Workflows dokumentiert und nach Art des Planungsprojekts strukturiert werden, auch damit diese für kommende Aufgaben als Template für die jeweilige Phase im BIM-Ablaufplan eingesetzt und weiterentwickelt werden können.

Seit der Bearbeitung des Modellprojekts A99 wurden die gewonnenen Erkenntnisse in weiteren Projekten verfeinert und ausgebaut. Dies beinhaltet u. a. die Modularisierung der Workflows, die Implementierung von Kontroll-Prozessen (Semantik und Geometrie) und Datenstrukturstandards sowie die Einbindung von Autodesk A360 als Austausch- und Koordinationsplattform.

Literatur

- Borrmann, A.; König, M.; Koch, C.; Beetz, J. (Hrsg.) (2015): Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Wiesbaden: Springer Vieweg (VDI-Buch).
- Schaller, J.; Gnädinger, J.; Reith, L.; Freller, S.; Mattos, C. (2017): GeoDesign. Concept for Integration of BIM and GIS in Landscape Planning. In: Journal of Digital Landscape Architecture, 2/2017, S.102-112. doi:10.14627/537629011. http://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/DLA_2017/537629011.pdf.

3.2.4 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

Im Zuge der Projektplanung zur U4-Netzerweiterung auf die Horner Geest in Hamburg durch die OBERMEYER PLANEN + BERATEN GMBH im Auftrag der Hamburger Hochbahn AG wurde in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität München – Lehrstuhl für Geoinformatik untersucht, inwieweit semantische 3D-Stadtmodelle nach dem CityGML-Standard als Planungsinstrument für BIM-Infrastrukturprojekte genutzt werden können. CityGML (*City Geography Markup Language*) ist ein unabhängiges Anwendungsschema zur Darstellung, Speicherung und zum Austausch von digitalen dreidimensionalen Stadt- und Landschaftsmodellen. Das Anwendungsschema stellt bereits ein Referenzmodell in der europäischen INSPIRE-Initiative dar und setzt dabei auf den Standards des OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUMS auf (Gröger et al. 2012).

Modellierungsansätze GIS und BIM

Geoinformationssysteme (GIS) sind auf eine realweltorientierte Abbildung mit der Modellierung der geographischen Informationen und der Formen der Bauwerke der bereits existierenden Umgebung fokussiert. Im Vergleich konzentriert sich Building Information Modeling (BIM) auf die detailgetreue (parametrische) Konstruktion der Bauteile und ihrer Projektinformation, wie Kosten und Zeitplan (El-Mekawy et al. 2011). Trotz der verschiedenen Modellierungsansätze und folglich unterschiedlichen Nutzergruppen und Maßstabsbereichen von BIM und GIS gibt es dennoch Überschneidungen der zu modellierenden Objekte, die sich zunehmend vergrößern (siehe Abbildung 3.2.4-1).

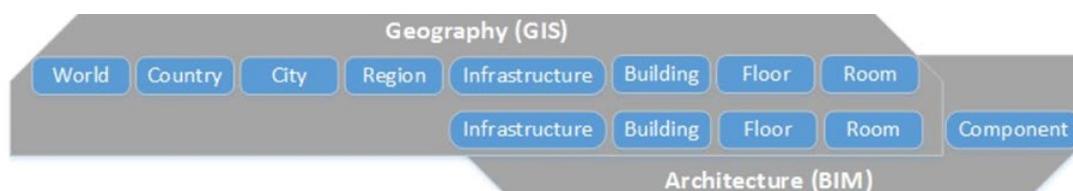


Abb. 3.2.4-1: Überschneidungen Modellierungsansätze BIM und GIS (Liu et al. 2017, S. 5).

Trotz dieser Annäherung empfiehlt es sich derzeit noch zu der Durchführung eines Infrastrukturprojekts, GIS und BIM jeweils für denjenigen Zweck zu verwenden, für den diese ursprünglich entwickelt wurden: Mittels GIS-Software erfolgt die Modellierung der Projektumgebung inklusive Umweltanalysen und die BIM-Software wird für die Modellierung des neu geplanten Infrastrukturbaus im realen räumlichen Kontext verwendet, sodass sich die beiden Modellierungsansätze weiter langsam annähern (Liu et al. 2017, S. 5).

Methodik zur Implementierung eines 3D-CityGML-Modells als BIM-Planungsgrundlage

Als Basisdaten für den Aufbau des 3D-CityGML-Stadtmodells dienen offene Geodaten des Geoportals ‚Transparenzportal Hamburg‘. Hamburg ist bezüglich der Bereitstellung von offenen Daten Vorreiter: Durch das Transparenzgesetz (HmbTG) 2012 hat jede Person „Anspruch auf unverzüglichen Zugang zu allen Informationen der auskunftspflichtigen Stellen sowie auf Veröffentlichung[en]“ (Freie und Hansestadt Hamburg) und somit auch Zugang zu allen verfügbaren Geodaten. Sämtliche für die Projektplanung relevanten Geodaten wurden mit automatisierten Workflows auf das CityGML-Datenmodell abgebildet und zu einem Gesamtmodell zusammengefügt. Dieses Gesamtmodell kann

nun für die genutzten BIM-Planungsprogramme bereitgestellt werden. Nach Abschluss der BIM-Planung in der importierten GIS-Umgebung kann die BIM-Planung ebenfalls in das 3D-CityGML-Modell eingebunden werden (siehe Abbildung 3.2.4-2).

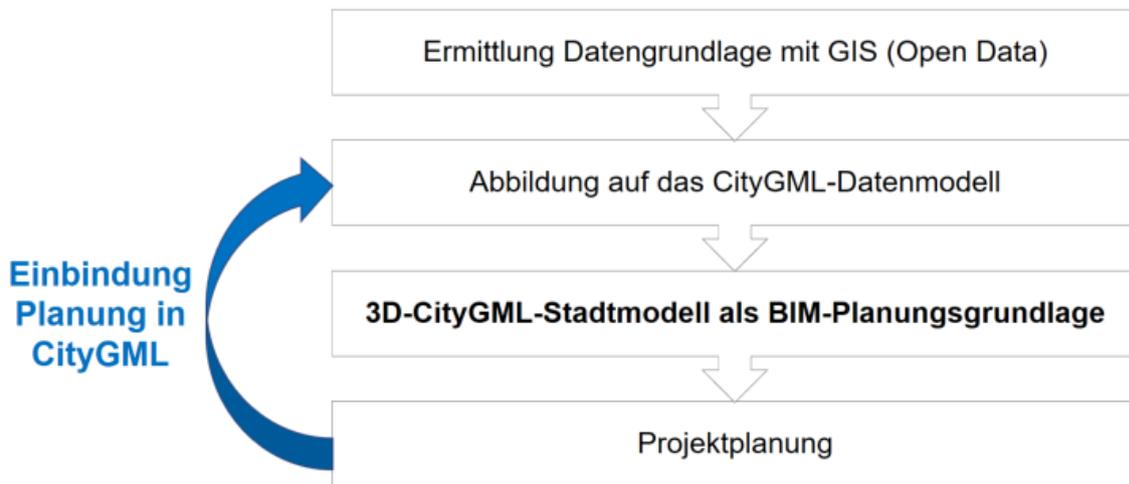


Abb. 3.2.4-2: Methodik zur Implementierung eines 3D-CityGML-Modells als BIM-Planungsgrundlage.

Thematischer Aufbau des 3D-CityGML-Stadtmodells

Der CityGML-Standard definiert Klassen und Eigenschaften für die meisten relevanten topographischen Objekte in Stadt- und Regionalmodellen in Anbetracht ihrer geometrischen, topographischen, semantischen Eigenschaften und Erscheinungsbild. Urbane Strukturen können somit klassifiziert dargestellt werden, wobei nicht nur bauliche Strukturen einer Stadt miteingeschlossen werden, sondern auch zum Beispiel Relief, Vegetation und Wasserkörper (Gröger et al. 2012).

Die gesammelten Geodaten konnten auf die CityGML-Featureklassen *Building*, *Road*, *Railway*, *Tunnel*, *Relief*, *LandUse*, *SolitaryVegetationObject*, *PlantCover*, *WaterBody*, *CityObjectGroups* und *Generics* abgebildet werden. Hierbei stand auch im Fokus, wie 2D-Geodaten mithilfe hochaufgelöster Digitaler Gelände- und Oberflächenmodelle möglichst akkurat zu 3D-Geodaten konvertiert werden können, sodass die resultierenden 3D-Daten die Projektumgebung möglichst realistisch darstellen.

Möglicher Einsatz des 3D-CityGML-Stadtmodells als Planungsinstrument

Durch die standardisierte Abbildung der Geodaten auf das CityGML-Datenmodell ist das Modell interoperabel und es können alle Projektbasisdaten für die zu erstellende BIM-Planung ohne den Verlust von Information ausgetauscht werden. Dies erleichtert die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachbereichen, Niederlassungen, Planungsbüros sowie die finale Datenabgabe zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber. Das Modell kann dann mithilfe räumlicher Analysen auf Konflikte (z. B. Umweltschutz) und Kollisionen (z. B. Bestands- und Planungssparten) mit der BIM-Planung überprüft werden. So lassen sich bereits in frühen Planungsphasen leicht Fehler in der Planung feststellen, was Kosten sowie Verzögerungen im Bauablauf durch Fehlplanungen reduzieren kann. Beim Infrastrukturbau im Untergrund ist dies besonders relevant, da hier eine hohe Dichte komplexer, empfindlicher Bestandsobjekten wie zum Beispiel Telekommunikations-, Gas- und Wasserversorgungleitungen verlegt sind. Durch einen thematisch klassifizierten Modellaufbau können auch nur die von einem bestimmten Fachbereich benötigten Objekte aus dem Modell extrahiert und für die spezifischen Planungen oder Kollisionsprüfungen genutzt werden.

Gegebenenfalls sind neben offenen Geodaten noch weitere Projektbasisdaten wie etwa zusätzliche Vermessungsdaten vorhanden. Durch Einbindung dieser zusätzlichen Daten in das CityGML-Modell

und Vergleich mit den gesammelten Geodaten kann eine Lage- und Plausibilitätsüberprüfung dieser Daten erfolgen. Zudem können 3D-CityGML-Modelle besonders anschaulich und verständlich mit den differenzierten thematischen Objekten beispielsweise mit dem 3DCityDB-Webclient visualisiert werden. Eine 3D-Visualisierung nicht nur der neuen Planung, sondern auch der bestehenden Umgebung, erleichtert das Zurechtfinden in der Planung und kann zusätzlich für Öffentlichkeitsarbeit verwendet werden. Bei einer webbasierten Visualisierung kann ein einfacher Hyperlink verschickt werden, mit dem dann einfach über jeden Webbrowser das Gesamtmodell einsehbar ist. Dadurch können beispielsweise Bürger interaktiv die neue Planung in 3D erkunden, was die Projektakzeptanz bzw. den Grad der Informiertheit der Bürger deutlich erhöhen kann. Durch die Bildung von Szenarien mithilfe des *CityGML-Featuretyps CityObjectGroups* lassen sich beispielsweise verschiedene Bauabläufe oder Planungsvarianten implementieren und vergleichen. So werden beispielsweise bei Großbaustellen von Infrastrukturplanungen viele Baustellenzu- und -ausfahrten sowie Baustraßen, Stell- und Lagerflächen benötigt. Deren bestmögliche Lage, für die auch gegebenenfalls das Straßennetz oder Flächennutzung der Umgebung abgeändert werden müssen, kann mithilfe der Hinzunahme des Modells in der Projektumgebung optimiert werden: Der Flächenverbrauch der Baustelle sowie die Verkehrsbelastung und Flächenänderung um die Baustelle kann minimiert werden. Bei einer Einbindung aller vorhandenen Projektbasisdaten sowie schlussendlich auch der finalen Planung in das Modell stellt nach Abschluss der Planung und dessen Bau dieses Modell ein neues Bestandsmodell dar, welches nun laufend aktualisiert, ergänzt und weiterverwendet werden kann. Durch die Interoperabilität des Modells kann dieses wiederum mittels standardisierter Schnittstellen wie OGC WFS auf beispielsweise Geoportalen geteilt werden, sodass dieses auch zum Beispiel von anderen Planern als Datenquelle genutzt werden kann.

Abschließend kann gesagt werden, dass eine Verwendung von GIS als Ergänzung zu einer Planung mit BIM einige Vorzüge bietet und daraus die Projekteffektivität und -produktivität erhöht werden kann.

Literatur

- El-Mekawy, M.; Östman, A.; Shahzad, K. (2011): Towards Interoperating CityGML and IFC Building Models: A Unified Model Based Approach. In: Kolbe, T.; König, G.; Nagel, C. (Hrsg.): Advances in 3D Geo-Information Sciences. Berlin/Heidelberg: Springer (Lecture notes in geoinformation and cartography), S. 73-93.
- Freie und Hansestadt Hamburg (Hrsg.): Das Hamburgische Transparenzgesetz. <http://transparenz.hamburg.de/das-hmbtg/> (Juli 2017).
- Gröger, G.; Kolbe, T.; Nagel, C.; Häfele, K. (2012): OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Hrsg. v. OGC. <http://www.opengis.net/spec/citygml/2.0>.
- Liu, X.; Wang, X.; Wright, G.; Cheng, J.; Li, X.; Liu, R. (2017): A State-of-the-Art Review on the Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). In: IJGI, 6 (2), S. 53. DOI: 10.3390/ijgi6020053.

3.2.5 BIM-konforme Visualisierung des Freileitungsprojekts Emden-Conneforde

Beitrag von Jens Bartnitzek und Veit Appelt

Projektbeschreibung und Trassenverlauf Emden-Conneforde

Aus Kapazitätsgründen wird zwischen Emden und Conneforde im Rahmen der Energiewende die bestehende 220-kV-Bestandsleitung durch eine leistungsstarke 380-kV-Leitung ersetzt. Die Planung umfasste hierbei neben der oberirdischen Trassenführung eine unterirdische Leitungsführung sowie die Integration von Kabelübergangsanlagen für den Wechsel zwischen Freileitung und Erdkabel.



Abb. 3.2.5-1: Projektübersicht des Trassenverlaufs mit integriertem Projektkerngebiet.

Für eine Beurteilung von Sichtbarkeiten in verschiedenen Varianten beauftragte das Planungsunternehmen *SPIE SAG GMBH* eine Visualisierung von Bestand und Planung in einem Echtzeitbetrachter. Das Gesamtmodell (GM) wurde durch konsequent-räumliche und dynamische Definition aller Fachmodelle und Fachobjekte mit BIM aufgebaut.

Der Fokus lag hierbei nicht auf einer CAD-basierten, sondern auf einer durchgehend parametrisierten Modellierung mit hohem Automatisierungsgrad. Somit ist das erzeugte Modell gerade bei Änderung der Eingangsdaten wie der Planungsvariante dynamisch reproduzierbar sowie dessen Algorithmen und Prozessketten auf andere Projekte und Anwendungsfälle übertragbar.

Datengrundlage

Kernaspekt für das Projekt war die Produktion eines räumlichen, georeferenzierten Bestandsmodells, welches

- ein texturiertes, hochauflösendes Digitales Geländemodell,
- schematisch-texturierte Gebäude und
- automatisch erzeugten Bewuchs

enthält sowie die Entwicklung eines räumlichen Planungsmodells, in welchem zusätzlich

- entsprechende Freileitungen, Masten und Ausstattungsobjekte integriert, parametrisiert definiert und modelliert werden.

Die Effizienz der dynamischen Bestandsmodellierungen innerhalb von BIM bildet einen erheblichen Mehrwert. Darüber hinaus ist wegen vollintegrierter Texturierung und hochwertiger Modellierung die Visualisierung und Auswertung im GM direkt möglich. Hierfür wurde die Softwareplattform *KORFIN* (KorFin 2018) verwendet.

Die Generierung des Bestandsmodells erfolgt vollständig automatisiert unter Angabe der jeweiligen georeferenzierten Datengrundlagen und Berücksichtigung aller notwendigen geodätischen Transformationen in *KORFIN*. Das Projektgebiet erstreckt sich über 50 km Länge mit durchschnittlich 2 km Breite und ist in der UTM Zone 32 definiert.

Digitales Geländemodell

Ausgangsdaten des Geländemodells waren Punktrasterdaten im ASCII-Format mit einer Auflösung von 10 m x 10 m. Die Orthophotos liegen im Projektgebiet in einer Auflösung von 3 cm pro Pixel im ECW-Format vor. Da die Orthophotos aus unterschiedlichen Befliegungen stammten, mussten diese durch eine Bildbearbeitungs-Pipeline nachgebessert werden (Entfernung von Rotstichen, Nachbesserung von Helligkeit, Kontrast, Sättigung etc.). Das daraus generierte Bestandsmodell enthält zwei Projektbereiche unterschiedlicher Genauigkeit:

- Im Kerngebiet des Trassenverlaufs wurden eine Texturauflösung von 25 cm/Pixel sowie das 10 m x 10 m Geometrieraster der Ausgangsdaten und
- in der weiteren Umgebung eine Texturauflösung von 50 cm/Pixel sowie 20 m x 20 m Geometrieraster angenommen.



Abb. 3.2.5-2: Digitales Bestandsmodell.

Diese in *KORFIN* frei einstellbaren Definitionen der Auflösung stellen stets einen projektabhängigen Kompromiss aus realisierbarer Genauigkeit und hardwareseitigen Möglichkeiten dar. Der dynamische Definitionscharakter erlaubt hierbei eine optimale Anpassung an Projektanforderungen und Hardwarebeschränkungen. Alle Schritte werden innerhalb von *KORFIN* durchgeführt, um aus den ggf. abweichend zum Projekt georeferenzierten Ausgangsdaten in teils deutlich höheren Ausgangsgenauigkeiten ein zentrales, echtzeitfähiges und automatisiert erzeugtes Bestandsmodell zu generieren. Zudem werden die zugehörigen Ausgangsdaten an generierten Objekten in einer Datenbank referenziert. Somit ist im Planungsmodell später ersichtlich, woraus entsprechende Teile des Bestandsmodells erzeugt wurden und was ggf. dynamisch nachzubessern ist.

Gebäudemodelle

Die Gebäudemodelle sind untexturiert als CityGML LOD1 für das Projektgebiet verfügbar. Hierbei waren in das Projekt ca. 7000 Gebäudemodelle mit verfügbaren Attributen zu integrieren und die jeweilige Datengrundlage zu referenzieren. Diese Bestandsdaten wurden ebenfalls in *KORFIN* angemeldet sowie automatisiert schematisch texturiert. Die Dachtexturen werden hierbei aus den Orthophotos erzeugt. Die geometrische Genauigkeit ist für den Anwendungsfall ausreichend, allerdings enthalten die CityGML-Daten ebenfalls die später im Planungsmodell modellierten Masten. Für eine vollständig automatisierte Ableitung des Bestands war es somit erforderlich, über die Koordinaten der entsprechenden Bestandsmasten den CityGML-Datenbestand entsprechend zu reduzieren.

Bewuchs

Das Bestandsmodell für den Bewuchs wurde aus den Daten des Digitalen Landschaftsmodells erzeugt. Diese Grundlagedaten werden ebenso in *KORFIN* georeferenziert angemeldet und ein entsprechend typisiertes Modell für den Bewuchs automatisiert abgeleitet. Hierbei wurden zum einen

Bäume als Punktoobjekte, Bewuchsflächen aus Polygonen sowie linienhafter Bewuchs aus Polylinien extrahiert. Der Bewuchstyp wurde aus den zugehörigen Attributen der Ausgangsdaten automatisch abgeleitet und vormodellierten Bewuchsobjekten (z. B. Laub-, Nadelgewächse, Hecken, Büsche etc.) zugeordnet.

Für die Polylinien und Flächen erfolgte zudem eine zufällige Bewuchsverteilung nach Position und Höhe. Für eine exaktere Höhenermittlung kann hierbei das Digitale Oberflächenmodell als Grundlage dienen. Auch ist das Auswerten entsprechender Laserdaten möglich.

Planungsmodell

Das vollständig automatisiert erzeugte Bestandsmodell bildet die Grundlage des Planungsmodells. Das Planungsmodell unterscheidet sich durch seine vollständig parametrisierte und somit jederzeit änderbare Definition mit entsprechenden Auswertungsroutinen.

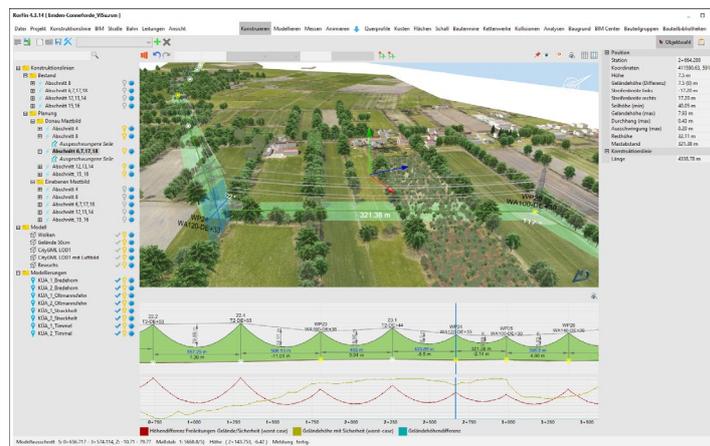


Abb. 3.2.5-3: KorFin Planung Freileitung.

Bestehende Masten sowie deren Leitungsverknüpfungen wurden über eine Tabellenschnittstelle mit Positionierung und Typisierung in das parametrische Planungsmodell übertragen. Hierbei wurde die interne Bauteilbibliothek um weitere typisierte Mastbauteile erweitert. Es wurde die 220-kV-Bestandsleitung in vorgegebenen Bereichen mit entsprechenden Masttypen und Mastarten sowie die vorhandenen Kabelübergangsanlagen integriert. Zudem wurden die unterschiedlichen Varianten der 380-kV-Neuplanung sowie entsprechender unterirdisch zu oberirdischer Übergänge geplant und untersucht.

Ausblick

Die geforderte Visualisierung bildet nur einen kleinen Teil dessen ab, was durch das erzeugte BIM-Modell möglich ist. Durch die vollständig parametrisierte Beschreibung können weitere BIM-Anwendungsfälle integriert, verknüpft und zum Teil direkt durchgeführt werden (z. B. Kollisionsanalysen, Kosten- und Bauzeitenverknüpfungen). Der Nutzen des BIM-Modells steigt hierbei exponentiell zu den mit ihm verknüpften Fachmodellen und -gewerken.

Weiterhin ist das Bestandsmodell durch die Forderung der dynamischen Definition stetig erweiterbar. Entstehende Prozessschritte sind für alle weiteren Projekte wiederverwendbar. Im konkreten Projektbeispiel bilden die Prozesse und automatisierten Realisierungen, z. B. zur Erzeugung des retuschierten Geländemodells oder der Bewuchsintegration aus den Geobasisdaten, den eigentlichen Mehrwert für den Workflow nach BIM. Hierdurch wird die dynamische Anpassungsfähigkeit aller Bestandteile elementarer und integrativer Bestandteil.

Literatur

KorFin 4.3.14. A+S Consult GmbH. Dresden. 2018.

3.2.6 Schnelle dynamische Modellgenerierung bei konkreten BIM-Anwendungen

Beitrag von Jens Barnitzek und Klaus Tilger

Aufgabenstellung

Vielfältige Aufgabenstellungen werden innerhalb eines Workflows mittels 3D-Gesamtmodellen (GM) untersucht, ausgeführt und das Ergebnis bewertet. Aus dieser geometrischen Eingangsgröße kommen im zweiten Schritt ggf. auch zeitliche Fragestellungen (4D) hinzu, wodurch das 3D-Modell um die 4D-Komponente erweitert wird. Mengen und Kosten sind in der Regel in einem BIM-Modell immer ableitbar.

Die Aufgabe besteht bei geometrischen Fragestellungen also immer darin, das 3D-Modell möglichst effizient und dynamisch – das heißt „intelligent“ – zu produzieren. Bei Infrastrukturprojekten startet jede 3D-Modellierung mit der Generierung des Bestandsmodells bestehend aus DGM (ATKIS), Bebauung (CityGML), Bewuchs und weiteren Geobasis- und Geofachdaten wie Umwelt-, Raumordnung-, Flächennutzungs- oder Katasterdaten.

Im Folgenden wird der Workflow zur Untersuchung der Blendwirkung des Autobahnkreuzes Kehdingen der A20 und A26 (A+S Consult 2017) dargestellt. Als Werkzeug wurde die Softwareplattform *KORFIN* (KorFin 2018) eingesetzt, die eine Pipeline zum schnellen Erstellen von BIM-Modellen bietet. 3D-Bestands- und Fachmodelle werden dynamisch auf den Datengrundlagen aufgebaut und miteinander verknüpft. Dynamisch bedeutet hier, dass sich die Fachmodelle automatisch an neue Planungen oder Datengrundlagen anpassen.



Abb 3.2.6-1: Bestands- und Planungsmodell inklusive Anwendung zur Analyse der Blendwirkung (A+S Consult 2017).

Workflow

Zur Begutachtung der zu bestimmenden Blendwirkungen wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Aufbau des Bestandsmodells aus DGM mit digitalen Orthophotos,
2. Definition und Generierung des Planungsmodells mit Fachmodell des Autobahnkreuzes,
3. Ableitung von Fahrspuren und Definition von Scheinwerfern,
4. Berechnung der Blendfelder im GM,
5. Auswertung und Bewertung der Ergebnisse.

Die Auswertung der Ergebnisse führt zu baulichen Empfehlungen für Blendhindernisse, die das kritische Blenden auch in minimalen Bereichen ausschließen. Somit erfolgt abschließend:

6. Erweiterung des GM um Blendhindernisse, erneute Berechnung der Blendfelder und damit die Validierung der Blendvermeidung.

Bestandsmodell

Das prinzipielle Vorgehen bei der Erstellung von 3D-Modellen in KorFin sieht zunächst die Bestandsmodellierung vor. Das Digitale Geländemodell ist hierbei das grundlegende Fachmodell, welches aus Höhenrasterdaten und terrestrischen Vermessungen (unregelmäßigen Dreiecksnetzen) erzeugt sowie mit Digitalen Orthophotos (DOP) texturiert wird. Weitere mögliche Fachmodelle des Bestandsmodells können Bebauung, Bewuchs oder Baugrund sein. Da Geobasisdaten heute essenzielle Datengrundlagen darstellen, werden diese ebenfalls in das GM als separates Fachmodell integriert. Die enthaltenen Informationen können im BIM-Informationsmodell parallel zur Planung ausgewertet werden.

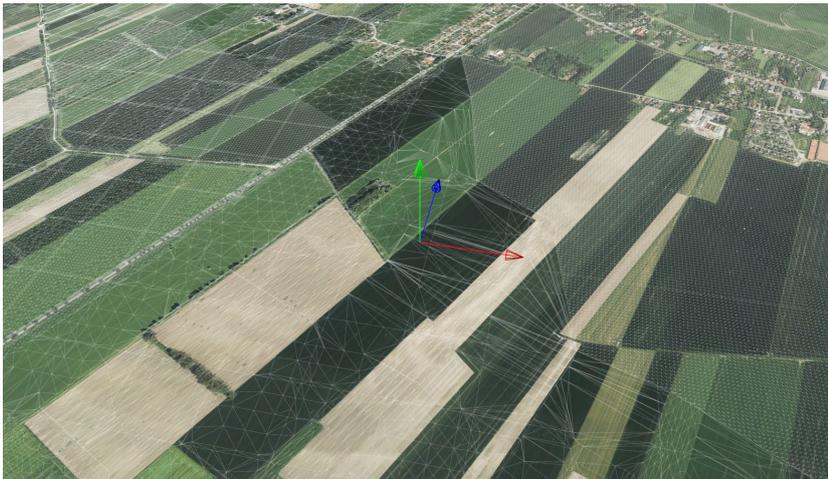


Abb 3.2.6-2: DGM mit TIN und DOPs (A+S Consult 2017).

Die erzeugten Fachmodelle werden anschließend in *KORFIN* als GM kombiniert, wobei die Ausgangsdaten unverändert und dynamisch mit dem jeweiligen Fachmodell verbunden bleiben. Das GM kann also automatisch aktualisiert werden, wenn die Ausgangsdaten verändert wurden.

Das Projektgebiet hat zu Visualisierungszwecken eine Größe von 6 km x 8 km. Es wurden ATKIS-Punkte eines DGM 5 m x 5 m Rastermodells zugrunde gelegt. Für das Kerngebiet wurde eine exaktere terrestrische Vermessung genutzt und in das vermaschte Rastermodell dynamisch eingeschnitten. Das kombinierte, unregelmäßige Dreiecksnetz bildet zusammen mit den projizierten Orthophotos das Fachmodell DGM.

Planungsmodell mit Fahrspuren und Scheinwerfern

Das Planungsmodell der Verkehrswege wurde aus den originalen Ausgangsdaten des Planers, also mit Achsen, Gradienten und Querprofilen, parametrisiert erstellt. Zudem wurden weitere Fachobjekte der Straßenausstattung, wie Markierungen, Leitposten und Rückhalteeinrichtungen parametrisch definiert. Als Grundlage zur Berechnung der Blendwirkungen folgte anschließend die Modellierung der Fahrstreifen im Planungsmodell unter Angabe des rechten und linken Fahrbahnrandes. Alle modellierten Fachobjekte sind wie im Bestandsmodell dynamisch und werden somit bei Änderung der Ausgangsdaten der Fachplanung automatisch aktualisiert.

Berechnung und Ergebnis der Blendstrahlen/-felder

Zur Ermittlung der Blendwirkungen wurden Analysen für die jeweiligen Blendungen erstellt. Dabei wird jeweils eine Blendspur (Positionen der Kraftfahrzeugführer mit potenzieller Blendung) und eine oder ggf. mehrere Scheinwerferspuren (Positionen der Kraftfahrzeuge mit potenziell blendenden

3.2.7 Geodaten umfassend nutzen

Beitrag von Marius Reuters

Mit der Einführung der BIM-Methode gewinnen auch die fachlichen, dreidimensionalen und konfliktfreien 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.

Planungsgrundlagen mit 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 Tachymeter, GNSS oder Laserscanner sind amtliche Geodaten auch im BIM-Prozess die entscheidende Grundlage für die Planung. Ziel dieses Praxisbeispiels ist es, den Nutzen amtlicher Geobasis- und Geofachdaten für den BIM-Prozess darzustellen. Dies erfolgt am Beispiel des etablierten Vermessungs- und Planungssystem `card_1` das zahlreiche Schnittstellen und eine leistungsstarke Verwaltung großer Datenmengen für den Import von Geodaten bietet.

Vielfalt und Zugriff

Vermessung ist in Deutschland Ländersache. Das führt zu einer Vielfalt an angebotenen Daten und Datenformaten, sodass unterschiedliche Schnittstellen bereitstehen müssen. Auch die Frage, ob und welche Daten Geld kosten oder über die Auftraggeber beschafft werden müssen, ist nicht einheitlich geregelt. Aber auf nahezu allen Online-Plattformen 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 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 3.2.7-1).

Topographische Karten

Topographische Karten sind wahlweise als georeferenzierte TIFF oder über WMS zu beziehen. Sie werden in den Maßstäben 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 und 1:100.000 bereitgestellt (siehe Abbildung 3.2.7-2). 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 3.2.7-3). 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.

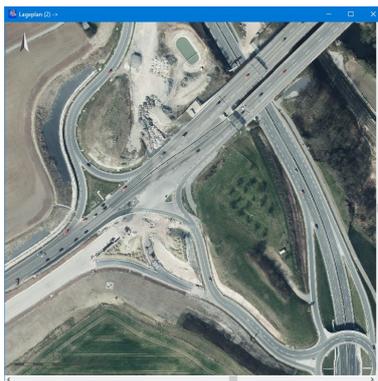


Abb. 3.2.7-1: Luftbild mit 20 cm Bodenauflösung.

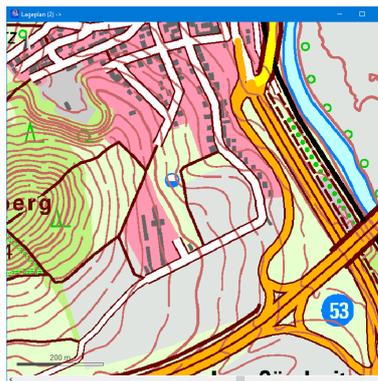


Abb. 3.2.7-2: Topographische Karte 1:10.000, TK10.

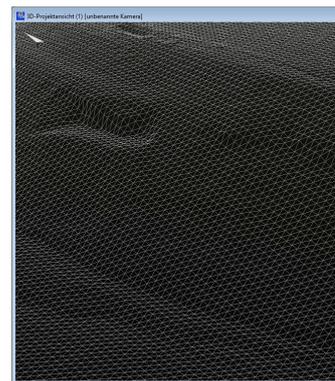


Abb. 3.2.7-3: DGM aus XYZ-Datei mit 1-m-Gitterabstand in der 3D-Ansicht.

Klassifiziertes Straßennetz

Die Straßenverläufe werden als ATKIS-Shape-Dateien und über WFS angeboten, was die einfache Übernahme als Topographielinien ermöglicht (siehe Abbildung 3.2.7-4). Anhand der differenzierten Klassifizierung erhöht sich ebenfalls die Planungsqualität.

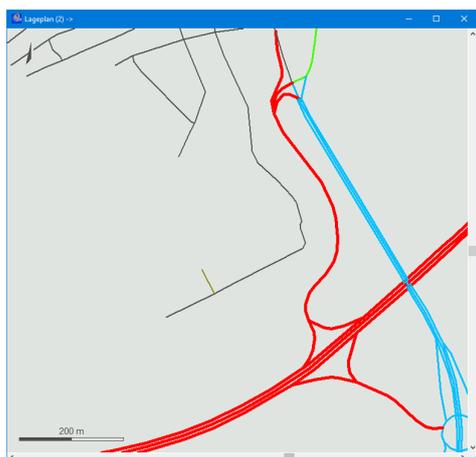


Abb. 3.2.7-4: Klassifiziertes Straßennetz, Linienanwendung über Nebenattribute.

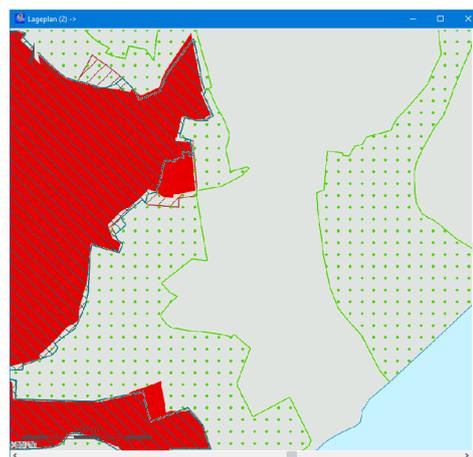


Abb. 3.2.7-5: Schutzgebiete SPA, FFH, NSG, LSG und Wasserschutzzone.

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 3.2.7-5). 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 3.2.7-6). 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 sie sich in card_1 direkt als 3D-Bauwerke einlesen (siehe Abbildung 3.2.7-7). Die Darstellung der Gebäude ermöglicht unter anderem eine qualitativ sehr hochwertige Berechnung der Sichtweiten und stellt die Schnittstellen zwischen Hoch- und Tiefbau visuell dar.

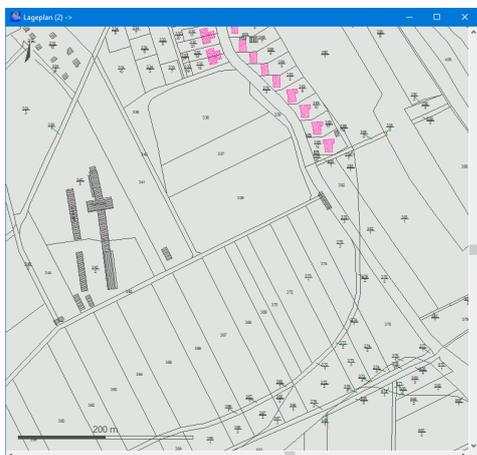


Abb. 3.2.7-6: Flurstücke und Gebäude, Linien und Texte in Codedarstellung.

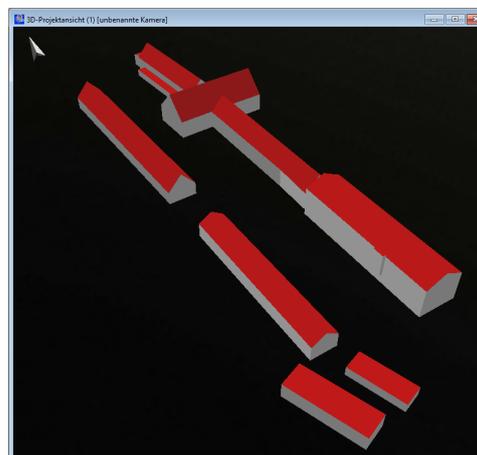


Abb. 3.2.7-7: Gebäude aus CityGML-Datei als Bauwerke in der 3D-Projektansicht.

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 3.2.7-8). 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 3.2.7-9). Wenn zusätzlich das aufbereitete Bestandsaufmaß und Laserscannerdaten sowie die Planungsergebnisse in den in der 3D-Ansicht angezeigt werden, werden dem Betrachter die Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Umwelt plastisch vor Augen geführt, und dass – ganz im Sinne von BIM – nämlich noch, bevor mit dem Bau begonnen wird.

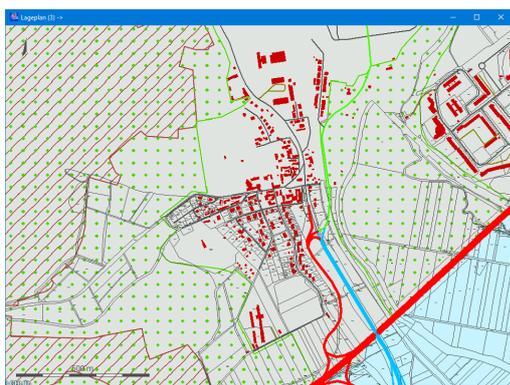


Abb. 3.2.7-8: Überlagerung von Schutzgebieten, CityGML-Gebäuden, Flurstücken und Straßennetz in der Lageplanansicht.

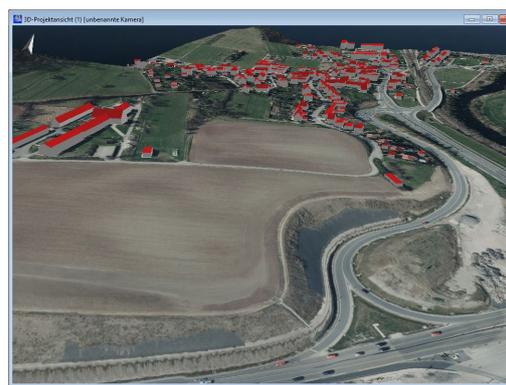


Abb. 3.2.7-9: Kombination aus DGM mit Luftbild auf der Oberfläche und 3D-Gebäuden in der 3D-Projektansicht.

3.2.8 Vom GIS zum BIM – geschickte Datennutzung optimiert Workflows im Tagesgeschäft

Beitrag von Robert Wieder, Malte Rabels, Angelika Pöschl und Benjamin Sattes

Problemstellung/Ziel – Erweiterung einer umfangreichen GIS-Anwendung um Themen des Facility Managements

Die AURELIS REAL ESTATE GMBH & CO. KG verfügt über einen umfangreichen Bestand an Flächen und Gewerbeobjekten. Diese werden zum Zweck der optimalen Nutzung und Vermarktung bedarfsgerecht umgebaut, saniert, erweitert bzw. neu bebaut.

Zur Unterstützung dieser Geschäftsfelder hat das Unternehmen gemeinsam mit der AED-SYNERGIS GMBH im Jahr 2010 ein ESRI-basiertes Web-GIS mit WebOffice aufgebaut. Dieses wird seit 2013 unternehmensweit produktiv genutzt. Es dient mittlerweile als zentrales Auskunftssystem, das die verschiedenen Fachverfahren miteinander verbindet. Es wird zur Analyse und umfangreichen Berichterstellung genutzt und schafft Mehrwerte durch die Kombination der verschiedenen Unternehmensdaten über eine einheitliche Anwendung.



Abb. 3.2.8-1: WebOffice Datendrehscheibe mit angebundenen Fachverfahren.

Im Jahr 2015 wurde der Datenbestand um Laserscandaten in Form eines 3D-Würfelmotels und um topographische Informationen aus Befliegungen für ausgewählte Flächen überwiegend durch externe Dienstleister ständig erweitert. Hierbei wurde schnell deutlich, dass die kleinteilige projektbezogene Beauftragung für jedes Vorhaben Potenzial für Optimierung bot, da über die Projektdauer Daten teilweise doppelt erfasst, bzw. von den verschiedenen Dienstleistern nicht optimal weiterverwendet werden konnten. Bereits vorliegende CAD-Pläne wurden nochmalig erfasst, da die ursprüngliche Erfassungsmethodik und Genauigkeiten nur unzureichend bekannt waren für die gerade aktuelle Planung, z. B. bei Statikberechnungen. Deshalb sollte gemeinsam mit ZM 3DWelt GmbH geprüft

werden, ob Methoden vom BIM (Building Information Modeling) geeignet sind, um eine nachhaltigere Nutzung der Daten zu ermöglichen.

Lösungsweg

Im Rahmen der Bestandentwicklung einer großen *AURELIS*-Liegenschaft in München (www.triebwerk-muenchen.de) wurde nun mit einer neuen Vorgehensweise versucht, das Gesamtareal einmalig zu erfassen mit folgenden Erfassungsmethoden:

- Luftbildbefliegung mit Drohne/UAV,
- Gebäudeaufnahme mittels Laserscan,
- topographische Aufnahme des Gesamtgeländes.

Diese Daten sind die Grundlage für die weiteren Arbeitsprozesse in den Bereichen Marketing, *Facility Management* und Planung (vgl. Abbildung 3.2.8-2) und es sollen hieraus die Flächendokumentation FM und die Modelle für Architektur, HLS und Statik abgeleitet werden. Auch erfolgt künftig eine direkte Integration der Daten in GIS.

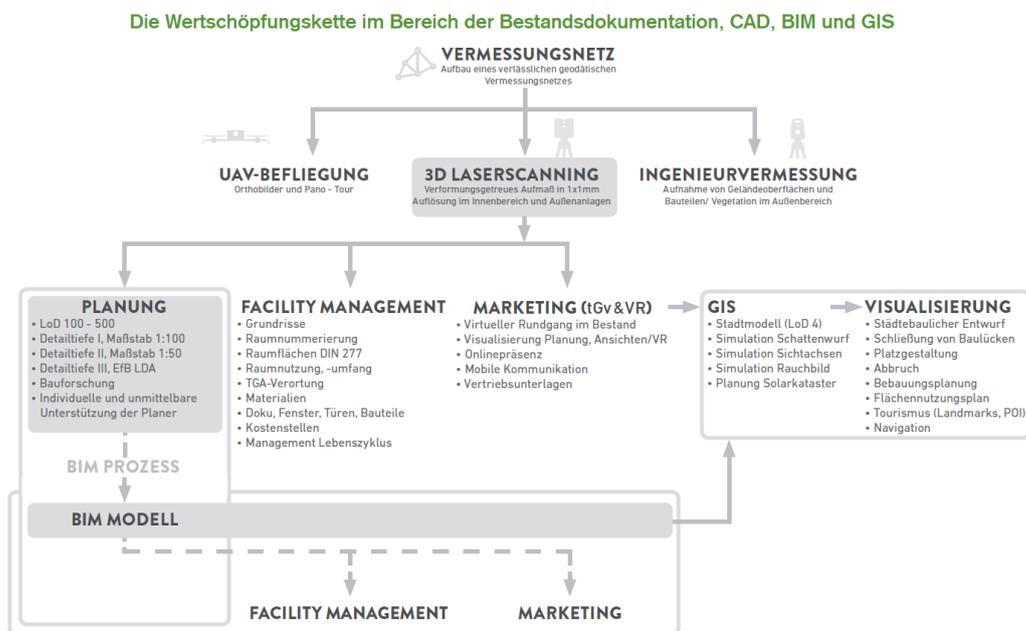


Abb. 3.2.8-2: Wertschöpfungskette im Bereich der Bestandsvermessung.

Folgende Punkte konnten auf der Basis der Bestandsaufnahme bereits umgesetzt werden:

- Integration aller Laserscandaten (Erfassungsstandpunkte und Ansichten) ins Web-GIS,
- Generierung von Gebäudemodellen (*ESRI WEB SCENE*) aus den Laserscandaten,
- integrierte Panoramaansichten zur Liegenschaft,
- Erzeugung von 2D-CAD-Pläne für Architektur,
- Visualisierung von Planungen in 3D (*CITYENGINE*) für Marketingzwecke,
- Umsetzung Topographie im Web-GIS.

Für diese Realisierungen wurden jeweils geeignete Workflow aufgebaut, um die jeweiligen Produkte aus der Bestandsaufnahme zu erzeugen.

Aufgrund der Schnittstellenerweiterung ab ArcGIS Pro 2.2. für *REVIT*-Daten aus Autodesk besteht seit Kurzem die Möglichkeit das BIM-Modell direkt im GIS zu integrieren und darzustellen.

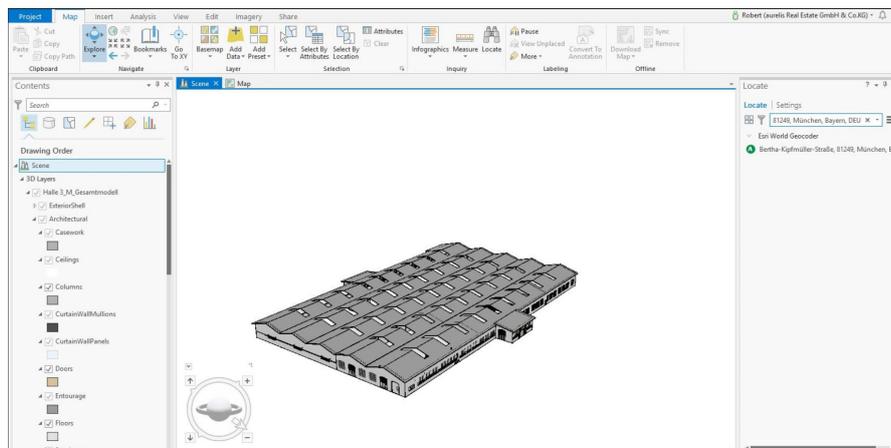


Abb. 3.2.8-3: Umgesetzte Laserscandaten im RVT-Format aus Revit dargestellt in ArcGIS Pro.

Erfahrungen

Mit der Verfügbarkeit des Basisdatenbestands konnten umfangreiche Themen direkt bedient werden. Dies war sehr schnell möglich, da kaum weitere Vor-Ort-Termine durch Dienstleister erforderlich waren.

Es hat sich gezeigt, dass die Erstdatenbeschaffung dieses neuen Ansatzes initial im Vergleich zu konventionellen Erfassungsmethoden aufwendiger und kostenintensiver ist, da bereits zu Beginn ein kompletter Datensatz der Liegenschaft vorliegen muss. Für langfristige Projekte, wo der gesamte Lebenszyklus einer Liegenschaft aus einer Hand betreut wird, ergeben sich jedoch schnell finanzielle Vorteile, da kaum neue Erfassungsaufträge anfallen. Technologisch verbessern sich die Integrationsmöglichkeiten der GIS- und CAD-Hersteller ständig, sodass ohne aufwendige Zwischenkonvertierung gearbeitet werden kann.

Ausblick BIM und GIS

Für neue längerfristige Planungen bei der *AURELIS* sollen diese Erfahrungen ab 2018/2019 berücksichtigt werden.

3.2.9 Integration von IFC-Daten in eine bestehende CAFM-Umgebung

Beitrag von Wolfgang Haller, Marcus Achatz und Markus Seitle

CAD/GIS/CAFM am Flughafen München

Die Flughafen München GmbH (FMG) verwaltet GIS- und CAD-Daten weitestgehend in gleicher Weise. Traditionell waren die grafischen Daten filebasiert als *AUTOCAD-DWG* abgelegt und die alphanumerischen Daten in einem relationalen Modell der Datenbank *ORACLE*. Nach und nach wurden die Möglichkeiten der *ORACLE*-Datenbank, auch grafische Daten als SDO-Geometrie zu speichern, immer mehr genutzt. Das schaffte die Möglichkeit, dass hunderte von Anwendern über ein webbasiertes System auf die Daten zugreifen können. Mittlerweile sind nicht nur Daten aus dem GIS-Bereich in SDO gespeichert, sondern auch typische CAD-Datenbestände wie die Grundrisse von Gebäuden und Teile der technischen Gebäudeausrüstung. Die Fortführung der Daten erfolgt im Wesentlichen weiterhin in den CAD-Systemen, wobei die im eigenen Hause entwickelte Software *VISMAN* die Arbeitsprozesse der Fortführung und die Ablage in der Datenbank unterstützt. *VISMAN* bildet mit seinen Modulen einen wesentlichen Teil eines *Computer Aided Facility Managements (CAFM)* ab und ist neben *SAP* und dem Dokumentenmanagement ein Hauptsystem zur Unterstützung von *Facility Management*.

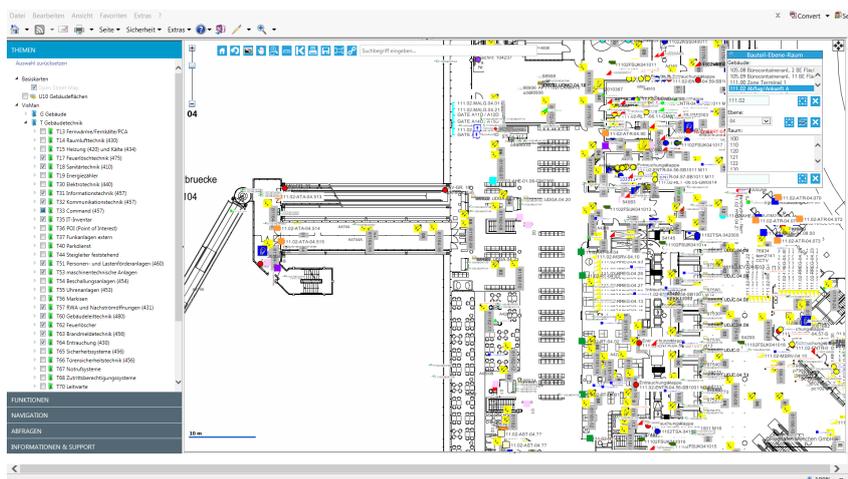


Abb. 3.2.9-1: Web-System mit Visualisierung von SDO-Geometrie-Daten (hier der Grundriss eines Flughafen-Terminals mit Objekten aus dem Bereichen Sanitär-, Feuerlösch und Brandmeldetechnik).

Für das *Facility Management* spielen die GIS-Geometrie-Typen Punkt und Polygon eine besonders wichtige Rolle. Viele technische Objekte (z. B. Brandschutzklappen, Türen, Rauchmelder, Aufzüge) können als Punktobjekt abstrahiert werden. Entscheidend sind eine eindeutige ID, x-/y-Koordinaten und ein Satz von Attributen. Im Gegensatz zum klassischen GIS kommt anstelle der z-Koordinate eine Gebäudeebene (Geschoss) als Attribut hinzu. Alle SQL-Abfragen sind daher zu ergänzen um „...and EBENE = „xx“...“. Am Flughafen München sind derzeit z. B. 68.000 EDV-Anschlussdosen, 42.000 Brandschotts, 40.000 Türen, 40.000 optisch/thermische Brandmelder vorhanden. Insgesamt sind in den Gebäuden etwa 1.000.000 Punkte erfasst, die als FM-Objekte bezeichnet werden. Die wichtigsten Objekte vom Typ Polygon sind die 30.000 Räume.

Das BIM-Projekt

Seit 2016 befasst sich die FMG mit dem Thema *Building Information Modeling (BIM)*. Neubauten sollen künftig vermehrt mit einer BIM-Software geplant und als BIM-Modell übergeben werden. Die Vorgaben an das BIM-Modell wurden im Rahmen einer *Auftraggeber-Informationsanforderung (AIA)*

BIM-/GIS-Integration

Entscheidend ist aber nicht die technische Realisierung beim einmaligen Übertrag der Daten von BIM nach CAFM, sondern die Beherrschung eines komplexen Workflows, wie beispielsweise der Änderung von Daten oder der Herausgabe von Daten an Externe. Der zentrale Server ist eine Plattform für die künftige Fortschreibung der Daten bei Umbauten. Als Software kommen beispielsweise *BIMSERVER* (Open Source Building Information Modelserver, vormals IFC Server) oder der bereits im Einsatz befindliche FME-Server infrage. Zur endgültigen Auswahl sind noch Evaluierungen erforderlich. Für die Fortschreibung der BIM-Daten wird bei der FMG die Software Autodesk *REVIT* verwendet. Für diese Aufgabenstellung ist das IFC-Format nur bedingt geeignet, da ein Import einer IFC-Datei gegenüber eines nativen, herstellerabhängigen Formats mit Verlusten behaftet ist und eine Pflege des Modells erschwert. Aus diesem Grund muss auch immer das native Format des BIM-Modells geliefert werden. Der daraus entstehende Konflikt zwischen „Open BIM“ und „Closed BIM“ ist noch nicht endgültig geklärt und bedarf noch einiger Untersuchungen. Des Weiteren ist eine klare Abgrenzung erforderlich, welche Gewerke, Objekte und Attribute primär im BIM-Modell und welche im CAFM-System gepflegt werden.

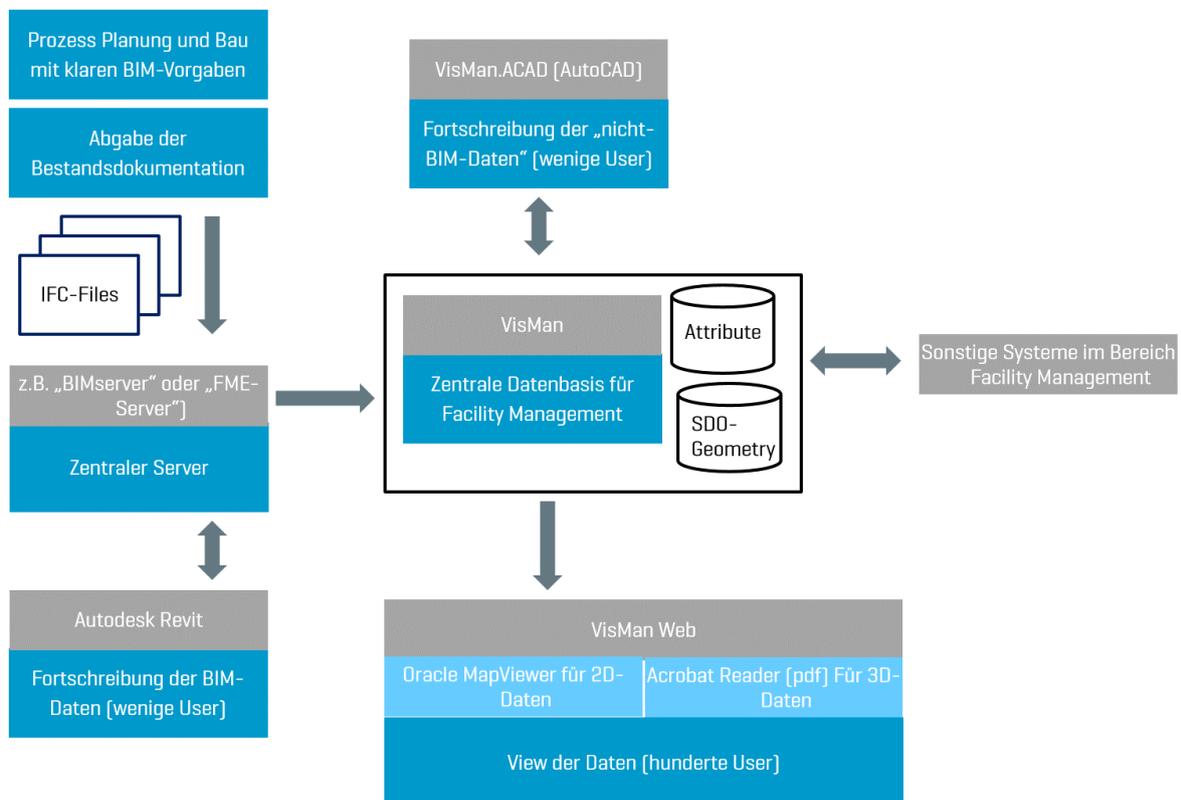


Abb. 3.2.9-4: BIM-/GIS-Integration.

Mit der Einführung von BIM liegen die Daten von Gebäuden heterogen vor:

Neue Gebäude und Gebäude mit größeren Umbauten in BIM-Formaten in 3D und der Altbestand weiterhin in CAD-Formaten in 2D. Daher wird über einen langen Zeitraum eine Fortschreibung in *AUTOCAD* weiterhin der Standard sein. Hierzu wird der Anwender von der Software *VISMANACAD* wirkungsvoll unterstützt. Während die BIM- und *AUTOCAD*-Daten von wenigen Spezialisten fortgeschrieben werden, können die Daten von hunderten Usern webbasiert angesehen, ausgewertet und teilweise auch fortgeschrieben werden. Hierzu wird die FMG-Eigenentwicklung *VISMAN WEB* verwendet, die auf der Software *AIMPORT* der Firma *G.ON* und dem *MAPVIEWER* von *ORACLE* basiert. Zurzeit bietet der *MAPVIEWER* keine Möglichkeit, 3D-Daten zu visualisieren. Für die 3D-BIM-Daten

muss also eine andere Visualisierung gewählt werden. Derzeit wird der optimale Weg der Visualisierung untersucht. Übergangsweise ist die Darstellung von 3D-PDF-Dateien mit *ADOBE ACROBAT READER* eine sehr gute Möglichkeit.

Herausforderungen und Visionen

Die bisherige GIS-/CAFM-Umgebung basiert auf 2D-Daten. Alle verwendeten Tools (vor allem der *ORACLE MAPVIEWER*) sind für 2D optimiert. Hier ist es das Ziel der FMG, mittelfristig auch die 3D-Daten in einer Datenbank abzuspeichern und die derzeitigen Trennungen 2D/3D und Datenbank/Filesystem aufzugeben. Noch ungeklärt ist die Fortschreibung der IFC-Daten durch externe Firmen. Hierzu müssen die aktuellen FM-relevanten Informationen aus der Datenbank wieder in die IFC-Dateien zurückgespielt werden. Mit der Einführung von BIM-Modellen sind künftig weitere Anwendungsfälle möglich: Das System *NAVVIS*, das derzeit die Passagiere bei der Orientierung im Terminal unterstützt, könnte auch für die Prozesse des technischen *Facility Managements* eingesetzt werden. Leitungen, Kanäle und Geräte der technischen Gebäudeausrüstung, die sich nach Fertigstellung der Baumaßnahme hinter einer abgehängten Decke befinden, werden im Bauzustand per *NAVVIS* aufgenommen werden. Für die Mitarbeiter, die Störbeseitigungen und Wartungen durchführen ist es so einfach, die betroffenen Objekte zu finden. Auch eine Unterstützung dieser Prozesse durch Mixed-Reality wird gerade getestet. In einer Brille (*MICROSOFT HOLOLENS*) werden das BIM-Modell und die Lage der technischen Objekte dargestellt.

Literatur

Borrmann, A. et al. (2015): Building Information Modeling, Berlin/Heidelberg: Springer.
Teichholz, P. (2013): IFMA Foundation, BIM for facility managers.

3.2.10 Modellierung des IKMZ Cottbus – Integration von BIM und GIS

Beitrag von Katja Heine und Steffen Gnoth

Problemstellung/Ziel

Im Rahmen eines Masterprojekts im Studiengang Bauingenieurwesen der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus – Senftenberg hatten Studierende die Aufgabe, das *INFORMATION-, KOMMUNIKATIONS- UND MEDIENZENTRUM (IKMZ)* und seine unmittelbare Umgebung BIM-konform zu modellieren. Das *IKMZ* der *BTU COTTBUS – SENFTENBERG*, entworfen von Herzog & de Meuron und mit mehreren Preisen ausgezeichnet, ist das markanteste Bauwerk der Universität sowie der Region Cottbus überhaupt. Das Gebäude mit dem außergewöhnlichen Grundriss ist umgeben von einem parkähnlichen Areal, welches landschaftsarchitektonisch mit dem Bauwerk eine Einheit bildet. Insofern weist das Bauwerk, was die BIM-konforme Modellierung betrifft, bereits schon aufgrund seiner Geometrie Besonderheiten auf, da es sich beim Großteil der Bauteile um Sonderbauteile handelt, für die keine Standard-Familien vorgegeben sind.



Abb. 3.2.10-1: Modell des IKMZ mit Umgebung (ArcScene).

Im Projektmodul „BIM/GIS“, in dessen Rahmen die Modellierung erfolgte, sollen die Studierenden des Bauingenieurwesens befähigt werden, auf Basis der von der Geodäsie bereitgestellten Geodaten Bauwerke zu planen und zu modellieren. Schwerpunkte dieses Projekts waren:

- die Nutzung amtlicher Geodaten für die Modellierung der Bauwerksumgebung,
- die BIM-konforme Umsetzung der vorhandenen Planungsunterlagen,
- die Aufnahme und Modellierung der nachträglich veränderten Eingangsbereiche,
- die Aufnahme und Modellierung zusätzlicher Objekte im Bauwerksumfeld,
- die Erstellung eines Workflows zur Integration von GIS-Daten in das BIM-Projekt und die Übernahme des BIM-Modells in das GIS-Umgebungsmodell, einschließlich der Koordinatentransformationen,
- die Arbeit im BIM-Zentralmodell.

Für die Umsetzung des Projekts standen folgende Softwareprodukte zur Verfügung

- *AUTODESK REVIT 2018* als BIM-Software,
- *ESRI ARCGIS 10.4.1* für die GIS-Bearbeitung,

- *CAPLAN* der *CREMER PROGRAMMENTWICKLUNG GMBH* für geodätische Berechnungen,
- *LEICA CYCLONE* für die Bearbeitung der TLS-Daten,
- *AUTODESK RECAP* für die Integration der Punktwolken in *REVIT*.

Lösungsweg

Für die Modellierung des Umgebungsmodells wurden die folgenden amtlichen Geodaten von der LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg) bezogen und in ein *ARCGIS*-Projekt mit dem amtlichen Koordinatensystem ETRS 89/UTM 33 eingefügt:

- Digitales Orthophoto DOP 20c,
- DGM1,
- 3D-Gebäudemodelle LoD2.

Ergänzend wurde eine tachymetrische Vermessung des Areals zur Aufnahme des Grundrisses (Außenfassade des *IKMZ*), von Wegegrenzen, Stadtmobiliar und Vegetation durchgeführt. Die daraus abgeleiteten Objekte wurden ebenfalls im *ArcGIS*-Projekt integriert.

Die Frage der Notwendigkeit einer Koordinatentransformation von globalen, amtlichen Systemen in lokale Bauwerkskoordinatensysteme für ingenieurgeodätische Anwendungen ist bereits an verschiedener Stelle intensiv diskutiert worden. Auf theoretische Hintergründe soll hier nicht explizit eingegangen werden, es sei dafür auf Heunecke (2017) verwiesen. Die Problematik stellt sich im Grunde genommen nicht erst seit der Einführung der UTM-Abbildung und auch nicht erst im Zusammenhang mit der BIM-Anwendung. Andererseits ist es nicht von der Hand zu weisen, dass die deutlich höhere maximale Maßstabsverzerrung der UTM-Abbildung und die Forderung nach einem stringenten digitalen Datenfluss im BIM-Prozess die Brisanz der Thematik deutlich erhöhen. Die meisten in der Geodäsie und in der Geoinformatik verwendeten Softwareprogramme ermöglichen eine korrekte Transformation von globalen in lokale Koordinaten, ganz im Gegensatz zu den im Bauingenieurwesen und der Architektur zur Anwendung kommenden CAD- und Visualisierungsprogrammen. Gerade im BIM-Prozess scheint es daher angebracht, Umgebungsdaten für ein Bauwerk immer vor Übergabe an die BIM-Bearbeitung in ein lokales (Bauwerks-)koordinatensystem zu transformieren. Dadurch werden Maßstabsprobleme vermieden und die beispielsweise in *Revit* aus zu großen Koordinatenwerten resultierenden Ungenauigkeiten verhindert (Autodesk 2019). Für die *Revit*-Bearbeitung ist es günstig, einen Vermessungspunkt in Bauwerksnähe im Ursprung eines lokalen Koordinatensystems zu definieren. Für rechtwinklige Gebäude empfiehlt es sich, das lokale Koordinatensystem direkt durch die längste Gebäudeseite zu definieren. Im vorliegenden Fall war dies aufgrund der speziellen Geometrie des Bauwerks nicht sinnvoll. Stattdessen wurde einer der für die tachymetrische Aufnahme verwendeten Festpunkte als Ursprung des lokalen Systems definiert. Die x-Achse folgte der geographischen Nordrichtung. Für die Definition eines lokalen Koordinatensystems in *ARCGIS* müssen die geographischen Koordinaten des Mittelpunkts (hier Festpunktes), der Maßstabsfaktor, das Azimut und gegebenenfalls ein Versatz (lokale Koordinaten des Mittelpunkts) definiert werden. Die geographischen Koordinaten des Ursprungs sowie die Nordrichtung, welche sich unter Berücksichtigung der Meridiankonvergenz ergab, wurden hier mithilfe der geodätischen Berechnungssoftware *CAPLAN* bestimmt. *REVIT* operiert mit der geographischen Nordrichtung, welche aufgrund der Meridiankonvergenz bei der UTM-Abbildung im Maximum 3° von Gitter-Nord abweicht. Auch wenn dieser Wert sehr klein ist, sollte doch eine korrekte Umrechnung von Gitter- in Geographisch-Nord vor der Übergabe der Daten an die BIM-Software erfolgen, um Irritationen zu vermeiden.

Die in *ARCGIS* transformierten Geodaten (Geländeaufmaß sowie die Grundrisse der Nachbarbebauung) wurden im DXF-Format an *REVIT* übergeben. Die Generierung der Geländeoberfläche in *REVIT* erfolgte über eine aus dem DGM und dem Aufmaß abgeleitete Punktdaten-Datei im CSV-Datenformat.

In *REVIT* erfolgte die Modellierung des Bauwerks auf Basis der vorhandenen digitalen CAD-Daten sowie der zur Verfügung stehenden Baupläne im PDF-Format. Hauptschwerpunkte bei der Bauwerksmodellierung waren der Fassadenaufbau, die Eingangsportale, die über mehrere Geschosse verlaufende Wendeltreppe sowie die beiden schachtartigen Treppentürme, die mehrere Gebäudefunktionen beinhalten.

Die doppelwandige Glasfassade ist in Segmente unterteilt, die nahtlos ineinander übergehen und somit keine geraden Fassadenabschnitte entstehen lassen. Die mehrfach gekrümmten Formen sowie die unregelmäßigen Wandstärken der Bausegmente in den Treppentürmen konnten mit spezifischen Projektfamilien erstellt werden. Mithilfe der Gruppierung von *REVIT*-Objekten konnten funktional zusammengehörige Bauteile für die weitere Bearbeitung gekapselt werden.

Für die Eingangsbereiche des *IKMZ* existierten keine Bauunterlagen. Aus diesem Grund wurde die Geometrie der Portale mittels TLS erfasst. Nach der Registrierung und Bearbeitung der Punktwolken mittels *LEICA CYCLONE* erfolgte eine Geometriemodellierung in *AUTODESK RECAP*.

Ergebnis der BIM-Modellierung war ein komplettes Modell des gesamten Bauwerks mit sieben oberirdischen Etagen und einer unterirdischen Etage sowie exemplarischer Innenausstattung. Das Modell wurde anschließend zwecks Rücktransformation in die GIS-Umgebung mittels des zuvor aufgemessenen Grundrisses und der gemessenen Höhen korrekt im lokalen Koordinatensystem positioniert.

Die Übernahme des Bauwerksmodells in die GIS-Umgebung erfolgte über die IFC-Schnittstelle. In *ARCGIS 10.4* können IFC-Modelle über die Data Interoperability Erweiterung importiert werden, was im vorliegenden Fall problemlos möglich war. In *ARCGIS* stehen die ursprünglich als parametrisierte Volumenkörper definierten Bauteile dann als Multipatches zur Verfügung. Die Semantik der Objekte spiegelt sich in den Attributtabeln wider.

Auch beim Konvertieren des fertigen Bauwerksmodells stellt sich die bereits diskutierte Frage der Koordinatentransformation. Das IFC-Modell lag im lokalen Koordinatensystem vor und wurde dann erst in *ARCGIS* wieder in das globale System ETRS89/UTM33 transformiert.

Erfahrungen

Eine wichtige Erfahrung des Projekts war, dass der Austausch von Geodaten einerseits und von BIM-Modellen andererseits ohne größere Probleme möglich ist. Es sollte grundsätzlich in der BIM-Umgebung mit lokalen Bauwerkskoordinatensystemen gearbeitet werden. Eine Transformation sowohl der Geodaten als auch der Bauwerksmodelle sollte mit geodätischer bzw. GIS-Software erfolgen. Inwieweit man unter Berücksichtigung der Maßstabsproblematik auf eine Transformation verzichten kann, kann diskutiert werden, es ist aber auch kein erhöhter Mehraufwand, grundsätzlich eine Transformation vorzunehmen, um so Irritationen seitens der Nutzer zu vermeiden.

Hinsichtlich der Bauwerksmodellierung des *IKMZ* gelang es weitgehend mit *REVIT*-Standardfunktionalitäten den Baukörper abzubilden. Die Herausforderungen aus BIM-Sicht lagen überwiegend in den Detailausarbeitungen, zum einen in der komplexen Modellierung der beiden Treppentürme und zum anderen in dem stetig gekrümmten Fassadenaufbau. Des Weiteren konnte eine Vielzahl an diversen Erfahrungen zum erfolgreichen IFC-Dateiexport, anhand eines größeren, mehrgeschossigen und nicht zu den Standardobjekten zählenden Bauwerksmodells, gesammelt werden.

Literatur

- Autodesk (2019): <https://knowledge.autodesk.com/de/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/DEU/Revit-Model/files/GUID-3F79BF5A-F051-49F3-951E-D3E86F51BECC-htm.html>.
- Heunecke, O. (2017): Planung und Umsetzung von Bauvorhaben mit amtlichen Lage- und Höhenkoordinaten. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 03/2017 S. 180-186.

3.2.11 BIM-basierter Bauantrag

Beitrag von Michael Theiler, Jan Tulke, Markus König und Kai-Uwe Krause

Problemstellung und Ziele

Durch die Nachfrage öffentlicher und privater Bauherren erfolgt derzeit in Deutschland die Einführung digitaler Planungsmethoden, das sog. Building Information Modeling (BIM). Im Forschungsprojekt „Konzept für die nahtlose Integration von BIM in das behördliche Bauantragsverfahren“ (www.bimbauantrag.de) wird die Nutzung von BIM-Modellen im Rahmen von bauordnungsrechtlichen Verwaltungsverfahren, insbesondere dem Bauantragsverfahren, analysiert. Dazu wird der ISO-Standard 16739 (Industry Foundation Classes) in Verknüpfung mit anderen Standards bzgl. der Anwendbarkeit hinsichtlich Vollständigkeit des erforderlichen Informationstransports untersucht. Zudem wird untersucht, welche Mehrwerte und Effizienzgewinne sich auf behördlicher Seite aus der Nutzung von BIM-Modellen ergeben können bzw. welche Hindernisse und zusätzlichen Anforderungen dem entgegenstehen. In Zusammenarbeit mit Berufsverbänden der Bauantragsteller werden Vorgaben zur zweckmäßigen Informationstiefe aufgestellt und bzgl. des Erstellungsaufwands bewertet. Die betrachteten Austauschscenarien werden beschrieben und die zugehörigen Daten auf Basis von Model View Definitionen (MVD) formal und prüfbar spezifiziert. Anhand von verschiedenen Beispielen werden die typischen Anwendungsfälle validiert. Hierzu ist eine prototypische Umsetzung vorgehen.

Die Bedarfsbeschreibung des Standardisierungsprojekts des IT-Planungsrats zu „Austauschstandards im Bau- und Planungsbereich²²“ erläutert im Wesentlichen die Anforderungen an die auszutauschenden Informationen und den Nachrichten-basierten Austausch. Konkrete Vorgaben zur Nutzung des Building Information Modeling werden jedoch nicht aufgeführt. Jedoch sind viele Informationen in den BIM-Modellen vorhanden, die wiederverwendet werden können. Die wesentliche Forschungsfrage ist daher, wie können BIM-Modelle zur Umsetzung von bundeseinheitlichen Standards zum Austausch und der Verarbeitung von Informationen bei bauordnungsrechtlichen Verwaltungsverfahren effizient genutzt werden. Im Forschungsprojekt sollen hierzu erarbeitet werden, (a) welche Prüfprozesse im Rahmen von Bauantragsverfahren durch BIM-Modelle unterstützt werden können, (b) welche Anforderungen und Vorgaben an BIM-Modelle und verknüpfte Daten zu erfüllen sind, (c) wie die Datenqualität bei der Einreichung bzw. beim Upload eines Antrags geprüft werden kann, (d) wie ein Werkzeug zur Prüfung aussehen könnte, (e) ob die Antragsprüfung und Antragsbearbeitung durch eine geeignete Visualisierung der BIM-Modelle unterstützt werden kann, (f) ob die Erstellung von BIM-Modellen für Bauantragsverfahren einen größeren Aufwand beim Architekten erfordert, und (g) ob der Mehraufwand durch die Vereinfachung der Abgabe und Prüfung kompensiert werden kann.

Lösungsweg

Im Forschungsprojekt werden die Anforderungen an BIM-Modelle bzgl. Informationsinhalt formuliert, um dem Informationsstand heutiger Bauantragsunterlagen zu entsprechen und die Extraktion von Informationen im Rahmen von definierten Anwendungsfällen zu ermöglichen. Bei der Definition wird im Sinne eines neutralen und offenen Datenaustauschs auf vorhandene Open-BIM-Standards (IFC, MVD, BCF²³) aufgebaut. Die Integration und Nutzung der Modelle im Rahmen von XPlanung und XBau²⁴ wird mit dem Standardisierungsprojekt des IT-Planungsrats abgestimmt. Es wird untersucht,

²² https://www.it-planungsrat.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/2017/Entscheidung_2017_37.html

²³ BIM Collaboration Format, <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/>

²⁴ https://www.it-planungsrat.de/SharedDocs/loseStandardartikel/DE/Newsletter02-2017_XBau_XPlanung.html

welche Informationen aus digitalen Bebauungsplänen als Basis für die Erstellung von BIM-Modellen für den Bauantrag genutzt und welche Daten nach Projektabschluss aus dem BIM-Modell in den Bebauungsplan übernommen werden können. Auswirkungen auf die bestehenden Prozesse werden untersucht und mit den beteiligten Partnern diskutiert. Des Weiteren erfolgt eine prototypische Software-technische Realisierung, die perspektivisch durch die Behörden genutzt werden kann.

Zur Demonstration des grundlegenden Ablaufs eines BIM-basierten Bauantrags an einem konkreten Beispiel wurde ein Vorhaben in der Hamburger HafenCity gewählt. Der Bebauungsplan (XPlanung) und weitere planungsrechtliche Informationen werden durch den *LANDESBETRIEB GEOINFORMATION UND VERMESSUNG DER STADT HAMBURG* bereitgestellt. Die Planung der Gebäude erfolgte durch die Architekturbüros *SCHENK + WAIBLINGER ARCHITEKTEN* (Bauteil Süd) und *BLAURAUM ARCHITEKTEN GMBH* (Bauteil Nord). Von den Architekturbüros wurden BIM-Modelle im IFC-Format der Gebäude bereitgestellt, die im weiteren Verlauf des Projekts als Beispieldaten für die prototypische Implementierung des BIM-basierten Bauantrags dienen.

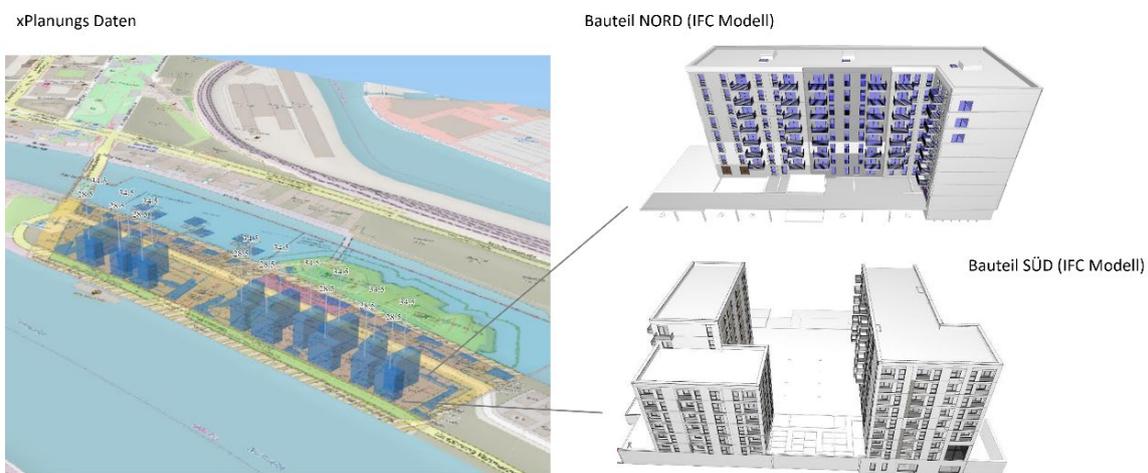


Abb. 3.2.11-1: Übersicht über Planungsgebiet und Position der Gebäude aus dem Beispielprojekt.

Zur Analyse der durchzuführenden Prüfschritte wurde zunächst das Prüfprogramm für den Bauantrag für das konkrete Beispielprojekt (Baufeld 99) zusammengestellt. Das Prüfprogramm, dessen Schritte bisher allesamt manuell basierend auf ausgedruckten Plänen auf Papier abgearbeitet werden, beinhaltet Parameter und Regelungen, die zu prüfen sind. Hierbei werden planungsrechtliche Parameter, bauordnungsrechtliche Parameter, sowie bauordnungsrechtliche Regelungen betrachtet. Aus dem gesamten Prüfprogramm wurde eine Auswahl an Parametern und Prüfregelein ausgewählt, die die Arbeit beim Prüfen eines Bauantrags maßgeblich erleichtern und beschleunigen würden, wenn sie automatisiert erfolgen. Basierend auf einer Priorisierung der Prüfregelein erfolgt im Laufe des Projekts die kontinuierliche prototypische Implementierung der Prüfregelein mithilfe von geeigneter BIM-fähiger Prüfsoftware.

Zur Durchführung einer BIM-basierten Prüfung von Modellen bei der Einreichung von Bauanträgen müssen eingereichte Modelle bestimmte Anforderungen erfüllen, damit eine automatisierte Prüfung erfolgen kann. Im Rahmen dieses Projekts wird daher eine Modellierungsrichtlinie und eine Model View Definition (MVD) für den BIM-basierten Bauantrag erstellt, aus der ersichtlich wird, welche Informationen BIM-Modelle aufweisen müssen, damit sie im Rahmen einer automatisierten BIM-basierten Prüfung angewendet werden können. Im Hinblick auf eine (semi-)automatisierte Übernahme von Modelldaten in den digitalen Bauantrag wird der XBau-Standard untersucht, um identifizieren zu können, welche Informationen aus BIM-Modellen übernommen bzw. abgeleitet werden können.

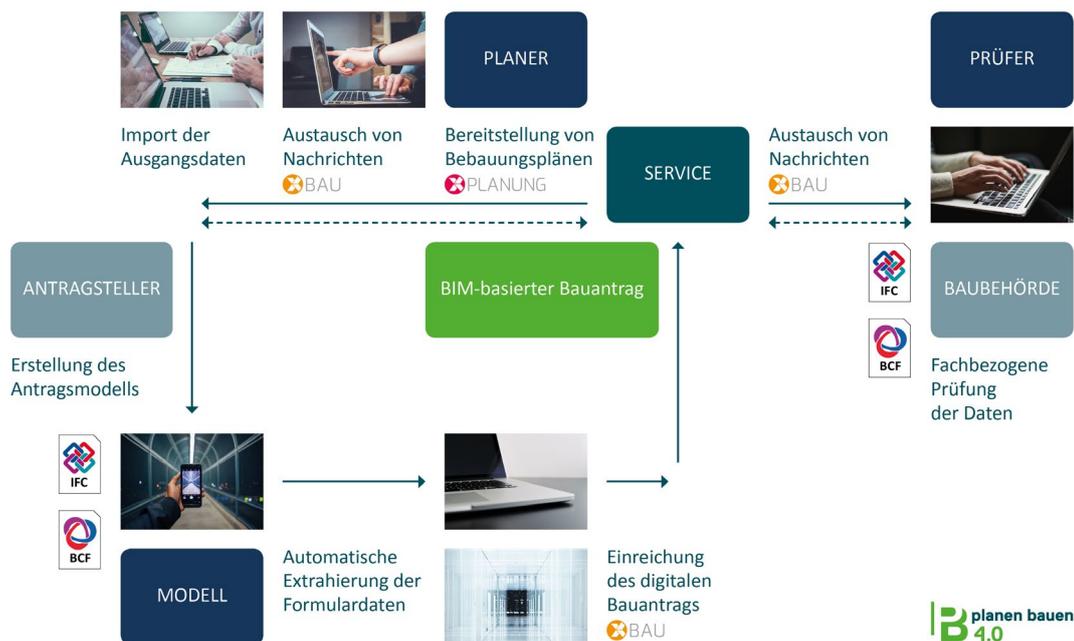


Abb. 3.2.11-2: Allgemeines Systemkonzept für den BIM-basierten Bauantrag.

Für den Gesamtprozess des BIM-basierten Bauantrags wird ein Systemkonzept entwickelt. Dreh- und Angelpunkt des Konzepts ist eine digitale Schnittstelle auf Behördenseite, die bestimmte Services bereitstellt. In einem ersten Schritt stellt die Schnittstelle digitale Bebauungspläne (XPlanung) bereit, welche ggf. noch durch Vermesser ergänzt oder korrigiert werden müssen. Der Architekt importiert anschließend die Ausgangsdaten in seine Fachapplikation und erstellt darauf aufbauend sein BIM-Modell. Anschließend erstellt er im Rahmen der Genehmigungsplanung die erforderlichen Pläne und füllt digital das Formular für den Bauantrag aus. Hierbei können bestimmte Informationen bereits aus dem BIM-Modell in den Bauantrag übernommen werden. Weiterhin hat der Architekt die Möglichkeit, sein Modell vorprüfen zu lassen, indem er mit geeigneter Prüfsoftware sein Modell regelbasiert prüft. Dadurch können unnötige Iterationsschleifen wegen Fehlern im Modell hinsichtlich des Genehmigungsverfahrens bereits vor der Abgabe erkannt und vermieden werden. Nach erfolgter Prüfung wird der digitale Bauantrag (XBau) zusammen mit dem IFC-Modell und weiteren benötigten Plänen (PDF) an die Behörden-Schnittstelle gesendet. Nach erfolgter Einreichung werden behördenintern fachbezogene Prüfungen durchgeführt. Auf Behördenseite kann ebenfalls das übertragene Modell zur Prüfung herangezogen werden oder, wenn die Behörde noch nicht auf BIM-Methoden umgestellt hat, die bisherige Variante mit Plänen (digital) verwendet werden. Alle weiteren Schritte verlaufen ebenfalls digital bis hin zur Genehmigung. Zur modellbasierten Kommunikation (d. h. Anmerkungen/Kommentare direkt am Modell) ist der Einsatz von kollaborativen BIM-fähigen Formaten vorgesehen (BCF).

In Workshops mit Verbänden, der Stadt Hamburg und dem Land Nordrhein-Westfalen (vertreten durch die Stadt Dortmund) wurden Vorteile und Mehrwerte, aber auch Nachteile bzw. Mehraufwände eines BIM-basierten Verfahrens erarbeitet. Die Ergebnisse der Workshops sind in der Projektbearbeitung berücksichtigt worden. Von den beteiligten Behörden gab es positives Feedback und es wird erwogen, ein BIM-basiertes Bauantragsverfahren mittelfristig parallel zum bisherigen Verfahren anzubieten. Ergebnisse des Projekts werden kontinuierlich auf der Webseite des Projekts (www.bim-bauantrag.de) veröffentlicht.

3.2.12 „DeepSpaceBIM 4.1“ – der digitale Bauassistent der Zukunft

Beitrag von Andreas Klöber, Philipp Willkomm und Josef Kauer

Problemstellung/Ziel

Im Rahmen des Projekts DeepSpaceBIM 4.1 – der digitale Bauassistent der Zukunft – befassen sich die Projektbeteiligten *M.O.S.S. COMPUTER GRAFIK SYSTEME, ROBOTIC EYES, DREES&SOMMER, DMT, TU DARMSTADT* und *STEINMANN-KAUER CONSULT* mit der Nutzung von Informations- und Kommunikations-Hightech und neuesten wissenschaftlichen Ansätzen u. a. im Bereich des Machine Learnings zur Optimierung des digitalen Planens und Bauens im Kontext von BIM, damit die Komplexität bei Großbaustellen besser beherrschbar wird. Dabei entsteht der „digitale Bauassistent“ in Form einer experimentellen Entwicklung, der hilft, bessere Entscheidungen im Bauablauf treffen zu können, damit „gestörte Bauabläufe“ bei Großprojekte wieder leichter auf einen „on-time“ und „on-budget“ Kurs zurückgeführt werden können. Das Projekt wird vom BMVI im Rahmen des mFUND gefördert.

Lösungsweg

Im Rahmen des Projekts erfolgt in vier Schwerpunktbereichen die Kopplung des BIM-Gedankens mit aktueller disruptiver Informationstechnologie (Augmented Reality, Multi-Cloud-Kopplung, KI, Serious Gaming). Die Realisierung der Module erfolgt anhand von vier Use Cases. Diese Use Cases werden im Rahmen von Reality Checks an verschiedenen aktuellen BIM-orientierten Bauvorhaben erprobt und verifiziert.



Use Case 1 – Variantenassistent

Der Variantenassistent führt Daten aus der CAD-basierten Planung mit Geodaten zusammen und unterstützt als übergreifendes Datenmanagement die unterschiedlichen Prozesse während Planung und der Realisierung. Die Visualisierung und Beurteilung der Lage und Gestaltung eines Vorhabens ist dabei wesentlicher Bestandteil. Neben der zentralen Übersicht über Bau- und Planungsvorhaben, übergreifend für alle Beteiligten, steht die Bereitstellung der Daten für die verschiedenen angebotenen Fachverfahren im Mittelpunkt. Die verschiedenen Informationsquellen werden mit einem 3D-Geodatenmodell zusammengeführt und verknüpft. Aus der so entstehenden Übersicht erfolgt neben einer WebGIS basierten Nutzung und der Datenbereitstellung für spezialisierte Fachsystemen, auch die Darstellung auf AR-fähigen Geräten wie der HoloLens von Microsoft oder Smartphones und Tablets. Der Variantenassistent wurde innerhalb der im Projekt verankerten RealityChecks mit Akteuren und Szenarien aus dem Bereich Windparkplanung diskutiert und erprobt.

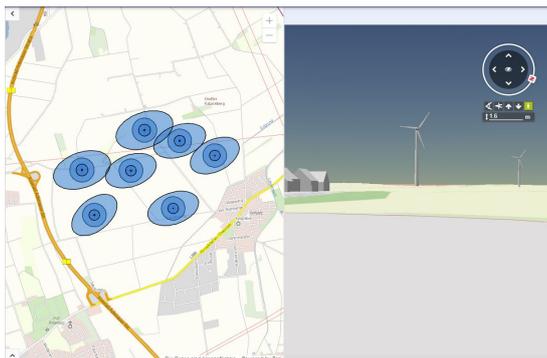


Abb. 3.2.12-1: Darstellung einer Windparkplanung in 2D und 3D mit WEGA von M.O.S.S.

Use Case 2 – Vermessungsassistent

Die prototypische Realisierung des Vermessungsassistenten erfolgt auf Basis der tragbaren Vermessungshardware „PILOT 3D MARK III“ von DMT. Das Handheld-Device ist ein kostengünstiges und robustes Device, welches durch JEDERMANN bedienbar ist und über eine direkte Cloud-Kopplung verfügt. Es eignet sich optimal für Ergänzungsscans von schwer zugänglichen Bereichen, wie Schächten, Kellerbereichen und Kanälen, die mit Scan-Trollies nicht befahrbar sind bzw. wo herkömmliche, stationäre Scan-Systeme nur mühsam aufgebaut werden können. Aufgrund der leichten Bedienbarkeit ist dieses Device auch gut für die wöchentliche Erfassung einer Baufortschrittskontrolle geeignet, bei der dann – mit einer gewissen Überlappung zum Gebäudebasisscan – die „Delta-Bereiche“ gescannt werden, bei denen sich Veränderungen zur Vorwoche ergeben haben.

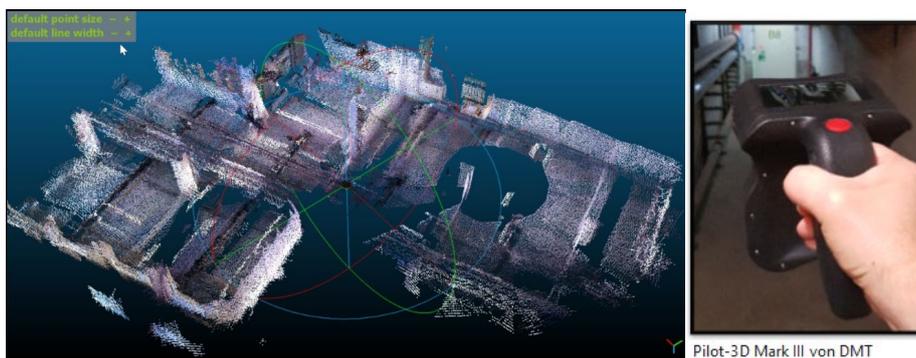


Abb. 3.2.12-2: LiDAR-Punktwolken erzeugt von Pilot 3D Mark III der Firma DMT GmbH & Co KG.

Use Case 3 – SiGeKo-Trainingssimulation

Sicherheitsaspekte und die Einhaltung und Überwachung von Sicherheitsvorschriften spielen bei der Realisierung von Vorhaben auf den Baustellen eine wichtige Rolle. Die Überwachung der Einhaltung dieser Vorschriften ist Aufgabe des Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinatoren (SiGeKo). Der Use Case befasst sich mit der Unterstützung des SiGeKo. Der Ansatz basiert auf der Kopplung von BIM mit Serious Gaming und hilft sowohl dem SiGeKo über Simulationen seine Aufgaben zu trainieren als auch Arbeitern und Bau-Verantwortlichen vor Ort „spielerisch“ die Sicherheitsvorschriften nahezubringen.

Use Case 4 – Baufortschrittskontrolle und Kontrolle des Rohbaus

Baufortschrittskontrolle findet bei der Realisierung eines Bauvorhabens in der Regel in turnusmäßigen Zusammentreffen der Beteiligten statt. Eine IT Unterstützung ist dabei aktuell eher die Ausnahme. Durch AR-Visualisierungen von „as-planned“-BIM-Modellen können Abweichungen zwischen tatsächlicher Realisierung und Planungsstand schnell einfach vor Ort dargestellt und detektiert werden.

Aber auch eine remote-Kontrolle des Baufortschritts ist machbar. Hier kommt wiederum der Pilot 3D Mark III zum Einsatz. Aufgrund der leichten Bedienbarkeit ist dieses Device gut für die wöchentliche Erfassung des Baufortschritts geeignet, bei der dann – mit einer gewissen Überlappung zum Gebäudebasisscan – die „Delta-Bereiche“ gescannt werden, bei denen sich Veränderungen zur Vorwoche ergeben haben. Diese Update-Scans werden in der Cloud abgelegt und können wiederum in vektorbasierte „as-built“-BIM-Modelle überführt werden. Dieser Vorgang erfolgt semi-automatisch und wird mit künstlicher Intelligenz (KI) für die Objekterkennung (z. B. Fenster, Türen, Böden etc.) gestützt.

Abweichungen von der Planung oder aber Mängel bei der Ausführung können somit remote auf Basis des digitalen Zwillinges oder aber Vor-Ort detektiert werden. Der Digitale Zwilling wird dabei durch einen räumlich verankerten QR-Code mit dem realen Bauprojekt verknüpft und mittels eines AR-basierten digitalen Leitstrahls navigierbar gemacht. Dadurch erhält auch jedes BIM-Objekt indirekt eine Lagekoordinate (z. B. im UTMs Koordinatensystem). Mängel können somit lagegenau dokumentiert werden. Auch eine GPS- und Beacon-unabhängige Indoor-Navigation ist mittels dieser Technologie auf Baustellen möglich.



Abb. 3.2.12-3: AR-basierender „Digitaler Leitstrahl“ auf der Baustelle von Robotic Eyes GmbH.

Selbst eine dienste-basierende Kopplung mit Navigationsgeräten Bei Infrastrukturprojekten wäre somit eine nahtlose Outdoor-Indoor-Navigation z. B. für den Bau-Logistikbereich denkbar.



Abb. 3.2.12-4: AR-basierender „Digitaler Leitstrahl“ auf der Baustelle von Robotic Eyes GmbH.

Zusammenfassung/Bisherige Erfahrung

Durch die Kopplung des BIM-Gedankens mit diesen Informationstechnologien kann die Wertschöpfung von digitalen Methoden in der Bauindustrie wesentlich gesteigert werden. Für eine möglichst effektive Gestaltung dieser Prozessunterstützungen ist es wichtig, dass die Erfassung des Ist-Zustands auf der Baustelle weitestgehend automatisiert abläuft. Dies wird erreicht, indem man die Datenerfassung der Sensorik mit Arbeitsabläufen in Verbindung bringt, die üblicherweise schon durchgeführt werden oder aber mit Maschinen koppelt, die sich auf der Baustelle bewegen. Die Auswertung der Daten erfolgt in der Cloud im Hintergrund, unterstützt durch künstliche Intelligenz. Die Ergebnisse dieser Auswertung fließen dann wiederum in die Planung (z. B. LeanBIM) oder in die Assistenzsysteme vor Ort ein. Das übergeordnete Ziel dabei ist, bessere Entscheidungen im komplexen Umfeld zu treffen.

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.

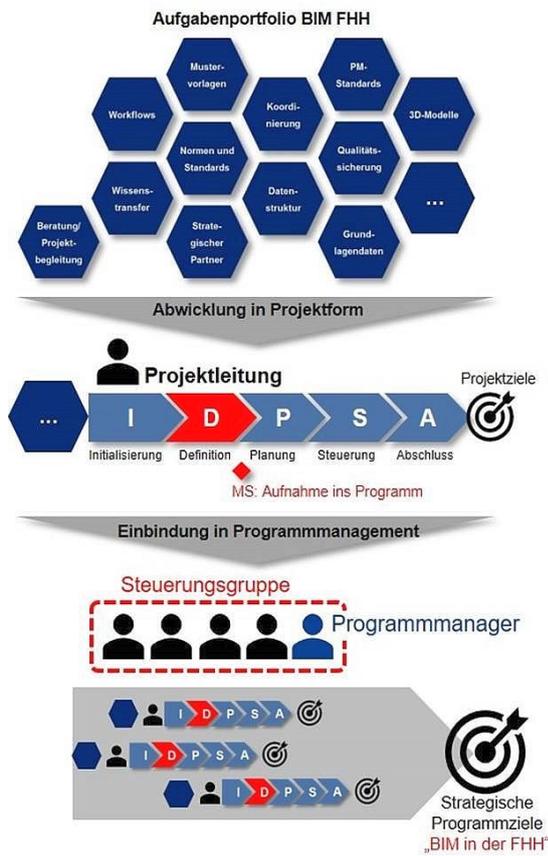


Abb. 3.3.1-1: Organisation von BIM.Hamburg.

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.

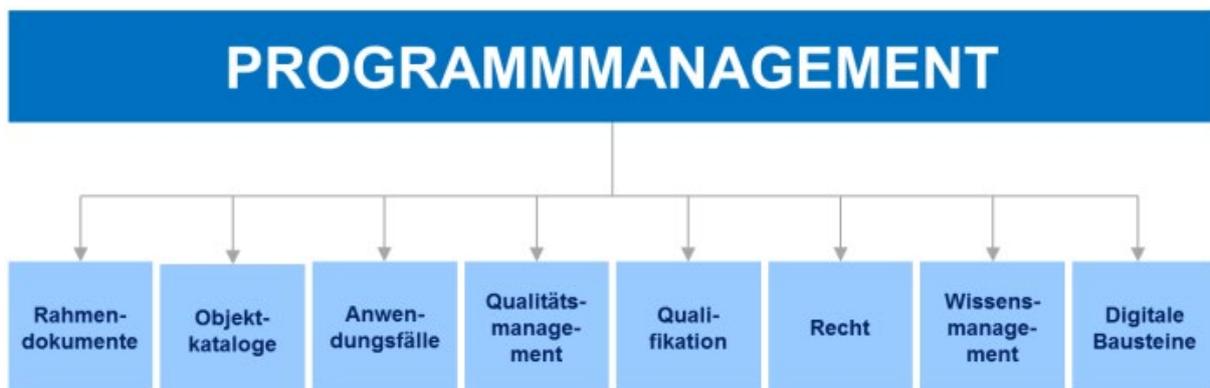


Abb. 3.3.1-2: Projekte von BIM.Hamburg.

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) 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.

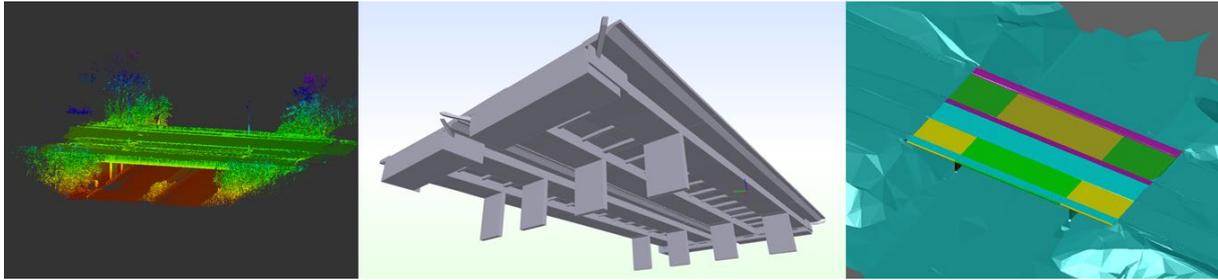


Abb. 3.3.1-4: Pilotprojekt des Bundes: Autobahnbrücke B5/A1.

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.



DGVW

150 JAHRE

Welten**VERNETZEN**

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“.

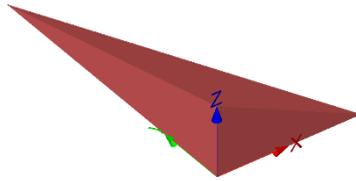


Abb. 4.1.4-1: Vierendeiger Volumenkörper aus Dreiecken mit im Ursprung liegender rechtwinkliger Ecke, dessen Kanten parallel zu den ausgerichteten Achsen [X – horizontal, Y – genordet, Z – lotrecht] des Koordinatensystems verlaufen, mit einer X-Kante doppelt so lang wie die Z-Kante und die Y-Kante wiederum doppelt so lang wie die X-Kante.

Der Koordinationskörper wird mit seinem Namen z. B. „Ursprung des lokalen Systems“ sinnvollerweise direkt lfcSite (Grundstück) zugeordnet. Da einige Programme damit wiederum Probleme haben, ist hier zu prüfen, ob der Koordinationskörper als eigenständiges lfcBuilding (Bauwerk) definiert werden muss.

Praktisch ist, dass die „Georeferenzierung“ mit dem Ursprung des „örtlichen“ Koordinatensystems (Längen-/Breitengrad) für den Projektnullpunkt auch unter lfcSite 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 (lfcProperty) des Koordinationskörpers als Attribute bzw. Merkmale integriert werden.

Beispiel:

```
#31=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('_Koordinatensystem','?',IFCLABEL('ETRS89 / lokale Cassini-Projektion'),$);
```

Oder auch alleine ohne lfcSite.RefLat/lfcSite.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 lfcSite.RefLat/lfcSite.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 „lfcSite::Monument“, der dann allerdings in einem weiteren Schritt auch für die Georeferenzierung als Ursprung für einen „Azimutal Bereich“ (Lambert Azimuthal Equal Area Projektion/EPSS: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).

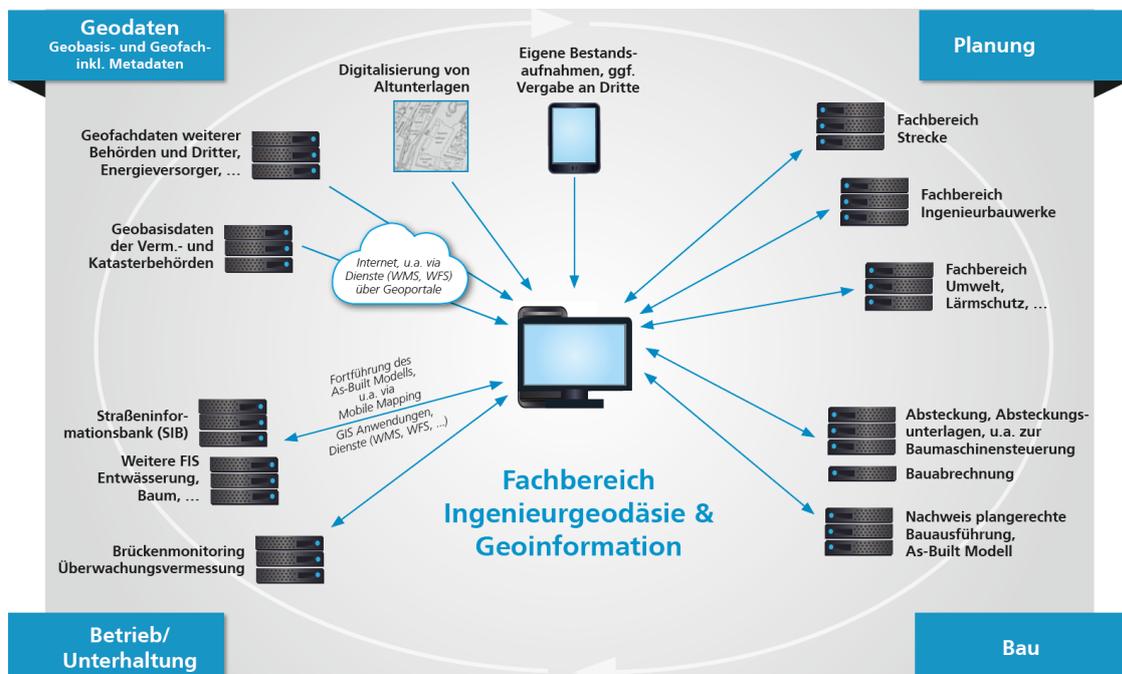


Abb. 4.2-1: Geodatenmanagement im Straßenwesen aus der Sicht des Fachbereiches Ingenieurgeodäsie & Geoinformation in der Straßenbauverwaltung.

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	Deckelform-Liste	0	1
				Deckelverschluß	Deckelverschluß-Liste	0	1
				Mittelpunkt Schachtsohle	#####,## m #####,## m	0	1
				Höhe Schachtsohle	### m	0	1
				Abwasserart	AbwasserArt-Liste	0	1
				Schachtfunktion	Schachtfunktion-Liste	0	1
				Sonderbauwerk	JaNein-Liste	0	1
				Einleitungsstelle	JaNein-Liste	0	1
		Haltung	L, V				
		GerinneMittellinie	L, V				
		EntwässLeitung	L, F, V				
		Sinkkasten	P, F, V	Profilart	Profilart-Liste	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>.

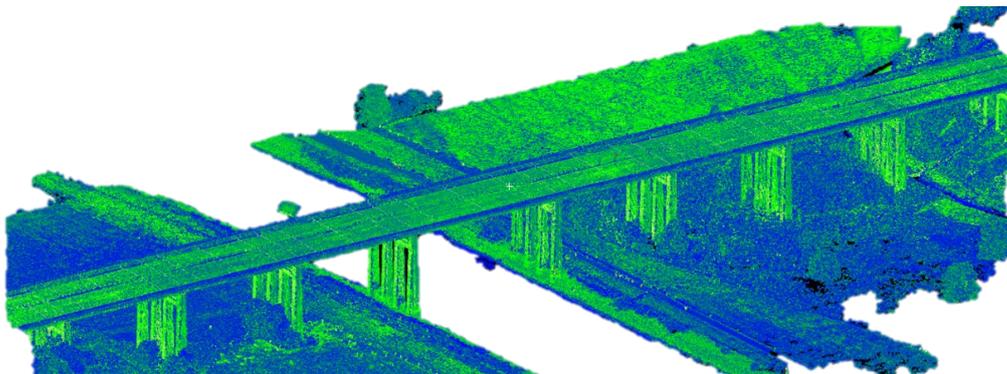


Abb. 4.2-4: Punktwolke TLS (Quelle: RMK, Workshop NLStBV: 12.3.19).

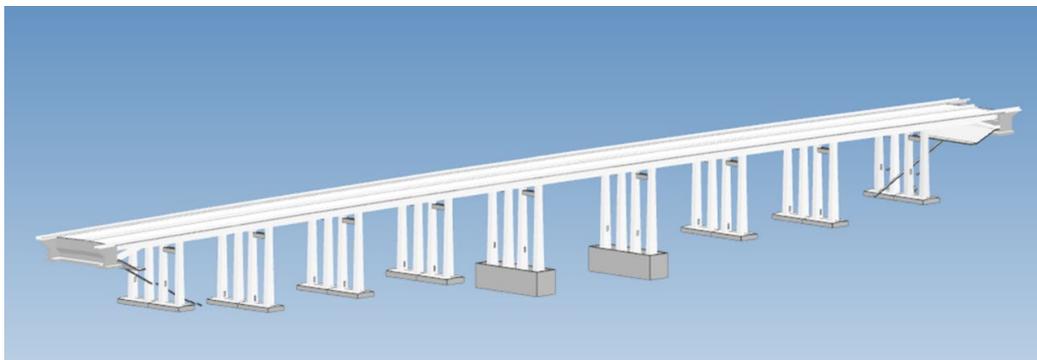


Abb. 4.2-5: Modellierung und Attributierung (Quelle: Contelos, Workshop NLStBV: 12.3.19).



Abb. 4.2-6: Visualisierung eines 3D-Ingenieurbauwerks
(Quelle: Contelos, Workshop NLSStBV: 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 „3.1.10 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.

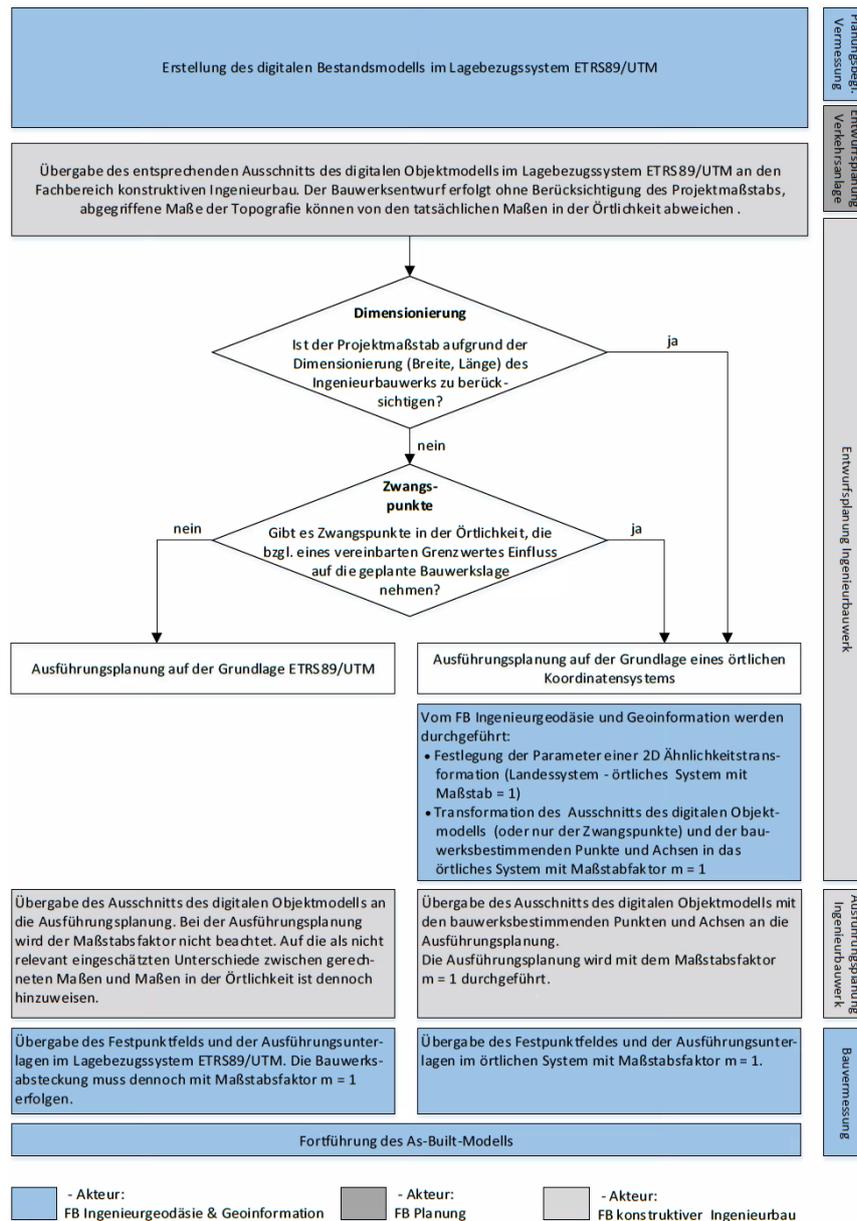


Abb. 4.2-7: Methodischer Umgang mit dem Projektmaßstabeffekt bei der Planung und dem Bau von Ingenieurbauwerken.

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.

BMVI (Hrsg.) (2015): Stufenplan Digitales Planen und Bauen. 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.

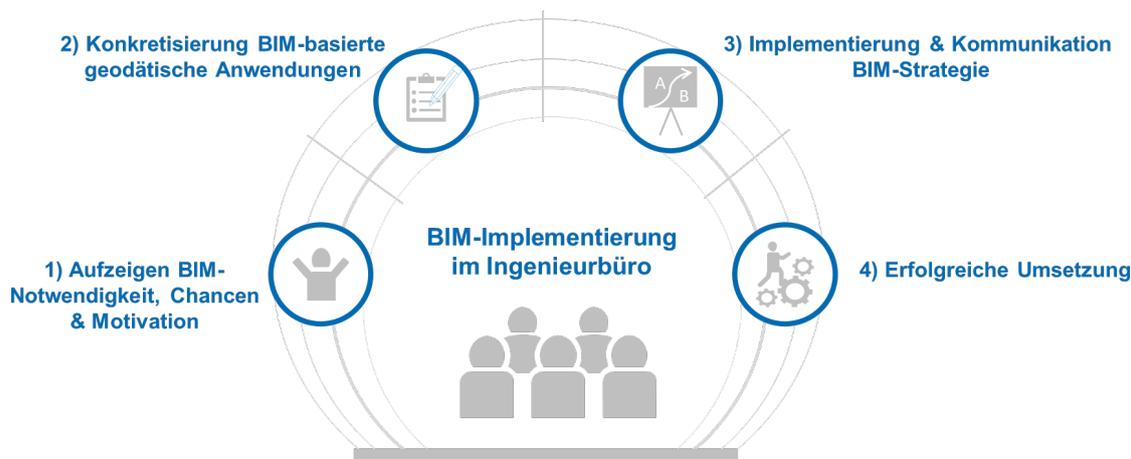


Abb. 4.3-1: BIM-Implementierung im Ingenieurbüro in vier Schritten.

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 Methode²⁵. 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.

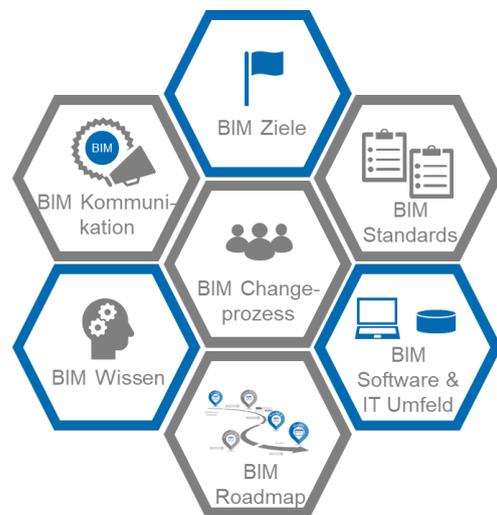


Abb. 4.3-2: Beispiel für Bestandteile einer BIM-Strategie.

²⁵ 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.

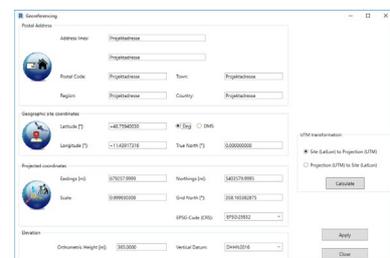


Abb. 4.4-1: Georeferenzierung des BIM-Projekts.

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.

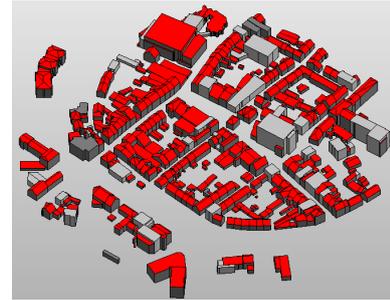


Abb. 4.4-2: Digitales Stadtmodell in BIM-Autorensoftware.

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.

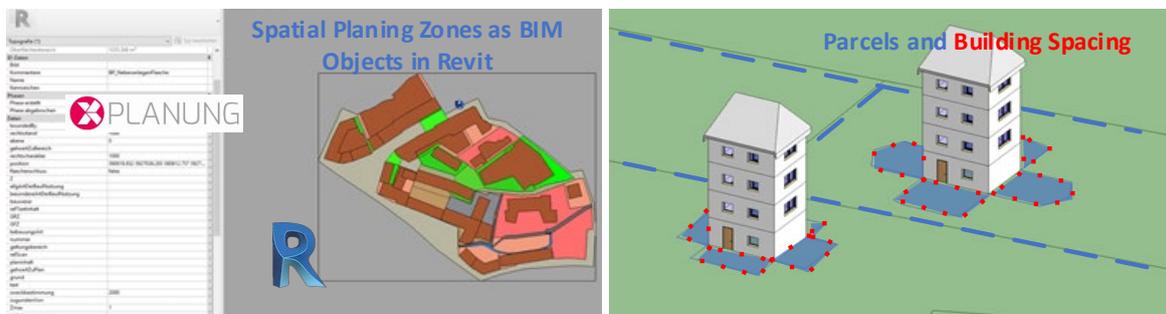


Abb. 4.4-3: Daten der Bauleitplanung, Grundstücksgrenzen und berechnete Abstandsflächen (Bildquelle: Clemen 2021).

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 „SurveyorsplanToIc“ 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.

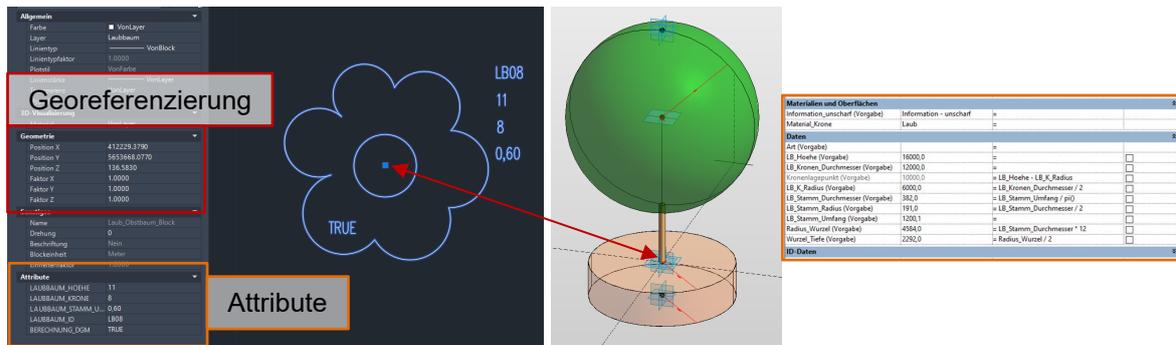


Abb. 4.4-4: CAD-Integration im CityBIM-Plug-in.

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).

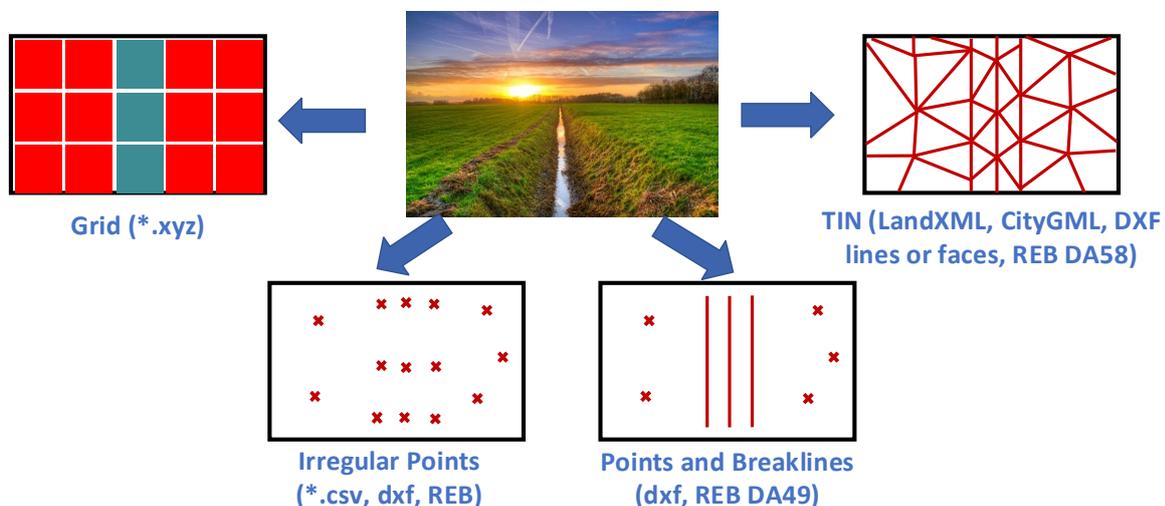


Abb. 4.5-1: verschiedene Repräsentationen von Digitalen Geländemodellen.

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.

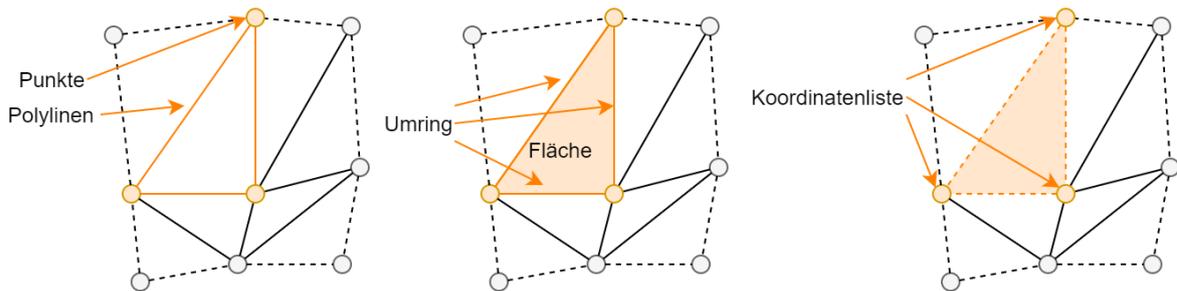


Abb. 4.5-2: Geometrische Repräsentation: IfcGeometricCurveSet (Links), IfcShellBased-SurfaceModel (Mitte), IfcTriangulatedFaceSet (Rechts) (Abbildung nach Clemen et al. 2021).

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.

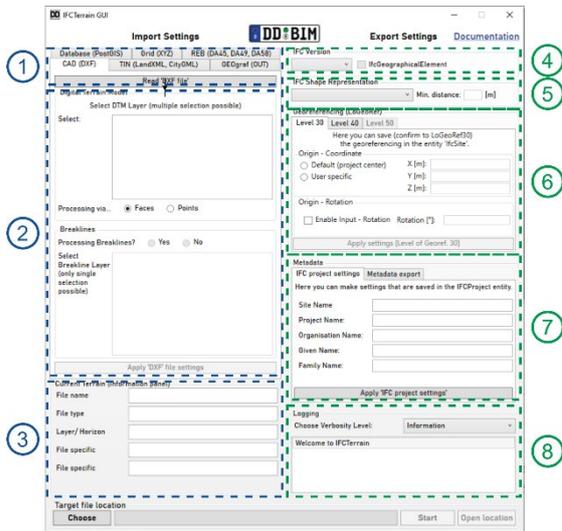


Abb. 4.5-3: IfcTerrain – Grafische Benutzeroberfläche (Abbildung nach Clemen et al. 2021).

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.

5.1.1 Autodesk AutoCAD 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, 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 CADsys Vertriebs- und Entwicklungsgesellschaft GmbH hat u. a. für dieses Thema Workflows entwickelt. Das Systemhaus aus Chemnitz unterstützt Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmen rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen, praxisnahe Schulungen und BIM-Beratung.



Eigenschaften

Art der Anwendung	Datenauswertung, Analyse, Planung, Simulation
Anwendungsfelder	Vermessung, Punktwolkenbearbeitung & -auswertung, Analyse/Simulation, Visualisierung (2D, 3D), Berechnung, Infrastrukturplanung, Tiefbau
Schnittstellen	u. a. IFC2x3, IFC4, IFC4.1, OKSTRA, cpiXML, LandXML, REB, DWG, DXF, DWF, PDF, ISYBAU, pkt, csv, ASCII-codierte Punktformate
Voraussetzungen	Win 10 64 Bit, 8 GB RAM, Dual- besser Quadcore-Prozessor, CAD-zertifizierte Grafikkarte
Systemarchitektur	Desktopsoftware für Windows
Referenzprojekte	Weltweite Projekte mit unterschiedlichsten BIM-Anforderungen, closed BIM, open BIM

Kontaktinformationen

Carolin Leipold (cleipold@cadsys.de), CADsys GmbH

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 CADsys Vertriebs- und Entwicklungsgesellschaft mbH hat u. a. für dieses Thema Workflows entwickelt. Das Systemhaus aus Chemnitz unterstützt Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmen rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen, praxisnahe Schulungen und BIM-Beratung.



Eigenschaften

Art der Anwendung	Modellierung, Datenintegration (CAD/BIM), Informationsmodellierung, Kollisionsanalyse/-simulation, Visualisierung (2D, 3D), Berechnung
Anwendungsfelder	Bauen im Bestand, Hochbau, Bauausführung, Monitoring, Innenarchitektur
Schnittstellen	z. B. IFC2x3, IFC4, RVT, DWG, DXF, DWF, gbXML, PDF, alle gängigen 3D-Formate und weitere
Voraussetzungen	Win 10 64 Bit, 8 GB RAM, Multi-Core i-Series Prozessor oder Ähnliche, CAD-zertifizierte Grafikkarte
Systemarchitektur	Desktopsoftware für Windows
Referenzobjekte	Weltweite Projekte mit unterschiedlichsten BIM-Anforderungen, closed BIM, open BIM

Kontaktinformationen

Sara Schmidt (sschmidt@cadsys.de), CADsys GmbH

5.1.3 Autodesk Revit mit Autodesk Point Layout (Plug-in)

Die BIM-Software Autodesk Revit wird mithilfe von Autodesk Point Layout zu einem wichtigen Werkzeug für jeden Vermesser

Kurzbeschreibung

Revit fasst als einzige Softwarelösung im Hochbau alle Gewerke unter einem Dach zusammen. Über verschiedenen Plug-ins lassen sich die reichhaltigen Funktionen von Revit noch erweitern. Das APL-Plug-in (Autodesk Point Layout Plug-in) ist dabei für die Vermessung, speziell für die Absteckung und Aufnahme, entwickelt worden und bietet Funktionen für die Punkterstellung auf Basis eines Gebäudemodells. Die erstellten Punkte können anschließend mit Informationen angereichert und in verschiedene Formate exportiert werden. Danach ist es möglich, die Punkte als Datei auf ein Tachymeter oder einem GNSS-System zu speichern. Alternativ können die Punkte für die modellbasierte Absteckung mit Autodesk BIM 360 Layout verwendet werden. Nach der Absteckung lassen sich die Punkte wieder über APL in Revit importieren.

APL bietet einfache Möglichkeiten für die Koordinatentransformation anhand von zwei identischen Punkten sowie einen Vergleich zwischen Punkten im Modell und aufgenommenen Punkten. Diese Funktion kann ein einfaches Absteckungsprotokoll ersetzen. Für die Durchführung eines Vergleichs von Punktwolken mit einer modellierten Struktur eignet sich die Slab-Analyse. Als Ergebnis erhält man eine visuelle und numerische Repräsentation der Abweichungen zwischen Modell und Punktwolke.

Die CADsys Vertriebs- und Entwicklungsgesellschaft GmbH hat u. a. für dieses Thema Workflows entwickelt. Das Systemhaus aus Chemnitz unterstützt Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmen rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen und bietet praxisnahe Schulungen sowie BIM-Beratung.



Eigenschaften

Art der Anwendung	Arbeiten mit Punkten, Modellierung, Datenintegration (CAD/BIM), Informationsmodellierung, Kollisionsanalyse/-simulation, Visualisierung (2D, 3D), Berechnung, Absteckung, Aufnahme
Anwendungsfelder	Bauen im Bestand, Hochbau, Bauausführung, Monitoring, Innenarchitektur
Schnittstellen	z. B. IFC2x3, IFC4, RVT, DWG, DXF, DWF, gbXML, PDF, alle gängigen 3D-Formate, CSV, TXT, DAT, DBF, TLF, MEP, LandXML, HeXML und weitere
Voraussetzungen	Win 10 64 Bit, 8 GB RAM, Multi-Core i-Series Prozessor oder Ähnliche, CAD-zertifizierte Grafikkarte
Systemarchitektur	Desktopsoftware für Windows mit Plug-in
Referenzprojekte	Weltweite Projekte mit unterschiedlichsten BIM-Anforderungen, closed BIM, open BIM

Kontaktinformationen

Sara Schmidt (sschmidt@cadsys.de), CADsys GmbH

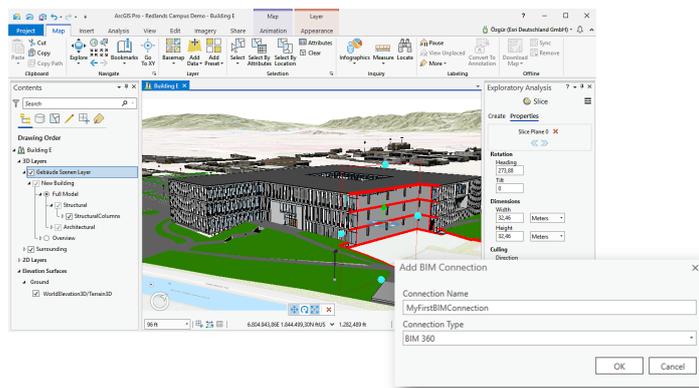


5.1.4 ArcGIS Pro: Die GIS-Anwendung für GIS- und BIM-Workflows

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

Art der Anwendung	Datenintegration von CAD-, BIM- und GIS-Objekten, ETL-Prozesse mit Data-Interoperability-Erweiterung, Datenerfassung und Visualisierung, Datenspeicherung/-management, Datenanalyse/-simulation, Animationen
Anwendungsfelder	Ingenieur- und Umweltplanung im BIM/GIS Cycle, Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau, Umweltplanung, Monitoring, Facility Management
Schnittstellen	RVT, IFC, CityGML, dwg, dxf, 2D-Karten, 3D-Szenen, GIS-Daten, Datenbank- und Serververbindungen, Autodesk BIM360 Construction Cloud
Voraussetzungen	ArcGIS Pro läuft auf Desktop und virtuellen Maschinen
Systemarchitektur	64-Bit-Desktop-Applikation. Die 2D/3D-Grafik-Engine greift direkt auf die Grafikkarte zu und sorgt damit für eine hoch performante Visualisierung.
Referenzprojekte	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: https://bit.ly/3hDdoZV

Kontaktinformationen

Özgür Ertac (o.ertac@esri.com), Esri Deutschland GmbH



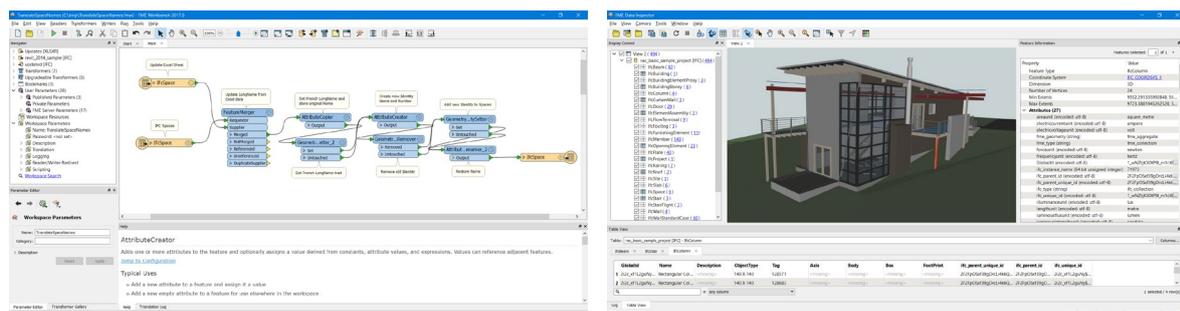
5.1.5 FME Technologie

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 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 Desktop 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 Server 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 Server publiziert und können von dort einem definierten Nutzerkreis als Anwendung zur Verfügung gestellt werden.

FME ist ein eingetragenes Warenzeichen der Safe Software Inc.



Eigenschaften

Art der Anwendung	Datenkonvertierung und -transformation, Datenintegration (GIS/CAD/BIM), Datenmodellierung, Visualisierung (2D, 3D)
Anwendungsfelder	z. B. Bauen im Bestand, Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau, Bauausführung, Monitoring, Facility Management
Schnittstellen	IFC2.3, IFC4, IFC4.1, IFC4.3, rvt, dwg/dxf, dgn, pnts, fbx, skp u. v. m.; vollständige Übersicht unter https://www.safe.com/integrate/
Voraussetzungen	Windows 10 und 11, Windows Server 2012 (R2), 2016, 2019, 2022, Linux x64, Mac OS X, Docker (FME Server)
Systemarchitektur	FME Desktop, FME Server, FME Cloud, Erweiterung für verschiedene Anwendungen wie Esri ArcGIS Desktop (ArcMap und Pro)
Referenzprojekte	A99, achtstreifiger Ausbau AK München Nord bis AS Haar; Ersatzneubau des Bauwerks 27/1 über die Bahnstrecke 5556 (SSF Ingenieure und Prof. Schaller UmweltConsult GmbH); BIM-GIS Integration with IFC https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2016/09/22/bim-gis-integration-with-ifc/

Kontaktinformation

Anne-Kathrin Birkenbeul (info@conterra.de), con terra



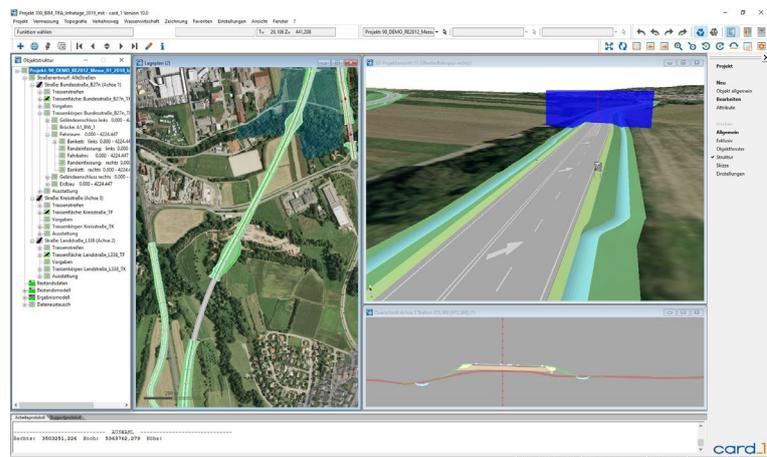
5.1.6 card_1 – BIM in Vermessung, Straßen-, Bahn- und Kanalplanung

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

Art der Anwendung	Entwurf/Trassierung (Achsen/Gradienten/Querprofile), 3D-Visualisierung, BIM-Trassenkörper, Vermessung, Punktwolken, Digitalisierung, Modellierung/DGM, Grafisches Feldbuch, Kollisionsanalyse, Simulation, Planerstellung, Mengenermittlung
Anwendungsfelder	Vermessung, Straßen-, Bahn-, Kanal-, Raum- und Stadtplanung, Wasserwirtschaft, Erdbau, Bauabrechnung, Fluss- und Deichbau, Umweltschutz
Schnittstellen	DXF/DWG, ALKIS, DFK, EDBS, SICAD-SQD, SoundPLAN, OpenStreetMap, GEO-Graf, CityGML, Shape, WFS, OKSTRA, ASCIBAHN (MSB), GND-Edit, VERM.ESN, ISYBAU, CPIXML, IFC 4.1, LandXML, DGN, HPGL, DA001, REB, GAEB ...
Voraussetzungen	Aktuelle Version: card_1 9.116 (64 Bit): Windows 7, Windows 8.1, Windows10 (jeweils 64 Bit)
Systemarchitektur	Desktop, Client/Server, Terminalserver (Citrix)
Referenzprojekte	BIM-Pilotprojekt B87n, Hamburger Deckel (A7), BIM-Projekt Frankenschneilweg, 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



5.1.7 Vectorworks Landschaft für CAD-GIS-BIM Die Software für Landschafts- und Objektplanung

Kurzbeschreibung

Vectorworks Landschaft bietet einen einzigartigen Funktionsumfang für die Aufgaben einer GIS- und BIM-Anwendung. Anwender können damit alle Planungsaufgaben der Landschaftsplanung umsetzen und sich bei Bedarf an der BIM-Planungsmethode beteiligen. Es stehen nicht nur die gängigen BIM-Objekte zur Verfügung, sondern alle Objekttypen lassen sich mit IFC-Daten anreichern und sich so in die BIM-Prozesse integrieren. Die integrierten Transformationsmethoden ermöglichen den reibungslosen Austausch mit GIS-Systemen.

Datenauswertung, Freiformmodellierung und Visualisierung sind weitere Funktionen, die Vectorworks als Komplettlösung auszeichnen.

Bei BIM in der Landschafts- und Objektplanung – mit der Zunahme der Projekte auch in Deutschland immer stärker gefordert – werden sich die Standards weiterentwickeln, damit alle Fachplaner ihre Informationen optimal einbringen können.



VECTORWORKS LANDSCHAFT

Eigenschaften

Art der Anwendung	Software CAD-GIS, BIM, grafisches Scripten, Freiformmodellierung, Datenmanagement
Anwendungsfelder	Objekt- und Landschaftsplanung, Hochbau, Innenarchitektur
Schnittstellen	DWG/DWF, Shape, IFC, Bild, PDF, alle gängigen 3D-Formate, NAS, e57, Gaeb und weitere
Voraussetzungen	Windows oder MacOS, aktuelle Systemvoraussetzungen: www.computerworks.de
Systemarchitektur	Desktop
Referenzprojekte	weltweite Projekte mit CAD-GIS, Little BIM, Big BIM

Kontaktinformationen

Sebastian Löw (sloew@computerworks.de),
ComputerWorks GmbH



5.1.8 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

Art der Anwendung	IT-Lösungen für das Planen, Bauen, Betreiben im Desktop, Web und Mobile auf Basis von Sachdaten- und Grafikkomponenten
Anwendungsfelder	Abbildung aller Phasen und Prozesse im Lebenszyklus eines Objekts
Schnittstellen	Autodesk Revit, Esri, VDI 3805/ISO 16757, IFC, GAEB, alle weiteren alphanumerischen oder grafischen Formate
Voraussetzungen	Abhängig von der vorhandenen IT-Infrastruktur und einzusetzenden Technologie
Systemarchitektur	alle Technologie-Ebenen: Desktop/Client-Server, Web, Mobile
Referenzprojekte	Referenzen sind in allen Branchen, allen Technologie-Ebenen sowie allen Lebenszyklus-Phasen vorhanden

Kontaktinformationen

Isabelle Poppe (isabelle.poppe@ipsyscon.de), IPSYSCON GmbH



5.1.9 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



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

Art der Anwendung	3D-Datenerfassung von Bauwerken, Kollisionsanalyse/-simulation mit BIM-Model, Visualisierung & Navigation, Punktwolke & 360° Panoramafotos, Mobile Applikationen auf Android & IOS
Anwendungsfelder	End-to-end digital indoor processes, Indoor Positioning, As-Build Dokumentation, Scan2BIM, Bau-Fortschrittsdokumentation, Facility Management, Factory Monitoring, Smart Building, BuildingTwin, Real Estate
Schnittstellen	Punktwolken in E57, LAS, PTS, PTX, PLY, XYZ 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
Voraussetzungen	Internetverbindung, Webbrowser und IVION für Nutzer NavVis M6 / NavVis VLX sowie NavVis Processing Software
Systemarchitektur	Linux & Cloud für Scan/Processing, web client & App für Nutzer
Referenzprojekte	Deutsches Museum https://digital.deutsches-museum.de/virtuell/ Digital Factory https://www.navvis.com/digital-factory Scan2BIM https://www.navvis.com/revit

Kontaktinformationen

Christian Rust (christian.rust@navvis.com, sales@navvis.com), NavVis GmbH



5.1.10 PHIDIAS

Kurzbeschreibung

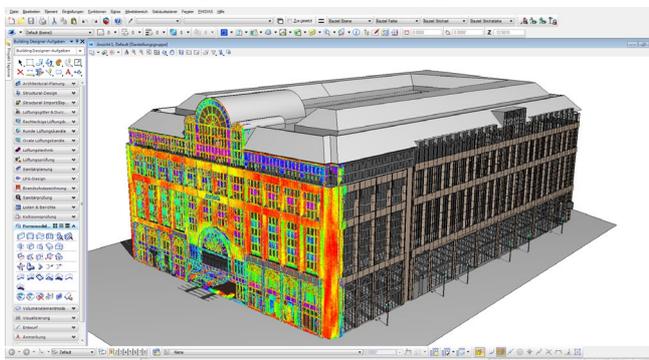
PHIDIAS ist ein digitales Auswertesystem für Photogrammetrie sowie 3D-Laserscanning und ermöglicht die kombinierte Auswertung von Bilddaten und Punktwolken. PHIDIAS lässt sich nahtlos in die Softwarelösungen von Bentley Systems, wie das CAD-System MicroStation oder die BIM-Software AECOsim Building Designer, 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

Art der Anwendung	Datenerfassung, Modellierung, Datenintegration (GIS/CAD/BIM), Kollisionsanalyse/-simulation, Visualisierung (2D, 3D)
Anwendungsfelder	z. B. Bauen im Bestand, Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau, Bauausführung, Monitoring, Facility Management
Schnittstellen	IFC2x3, IFC4, DGN, DWG, IGES, SAT, Step, FBX, 3DS, SHP, SKP, E57 u. a.
Voraussetzungen	Bentley MicroStation bzw. AECOsim BuildingDesigner, Windows 7-10 (x86, x86-64)
Systemarchitektur	Desktop
Referenzprojekte	http://phocad.de

Kontaktinformationen

Christoph Effkemann (effkemann@phocad.de), Phocad Ingenieurgesellschaft mbH

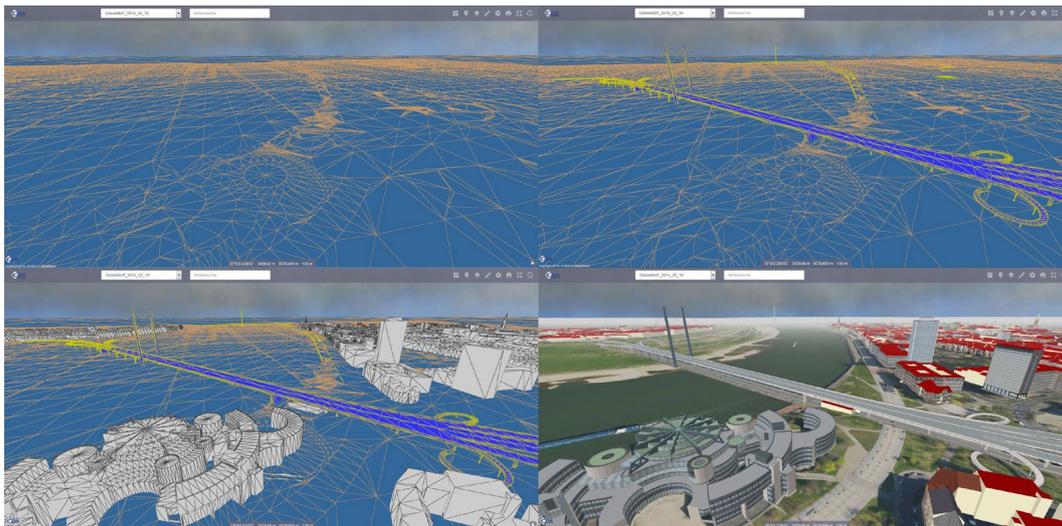
5.1.11 SGJ-nD-Datenhaltung für BIM-Daten

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

Art der Anwendung	BIM-Datenmanagement in DBMS wie Oracle, PostgreSQL oder SQLite) Datenzugriff über Webservices und eine JAVA-API
Anwendungsfelder	Standardkonforme Dokumentation des Lebenszyklus von Bauvorhaben (z. B. Gebäude, Infrastruktur)
Schnittstellen	XML (IFC4), GML, CityGML, XPLANUNG, ALKIS, SEDRIS, ForestGML, VRML, OpenFlight
Voraussetzungen	MS Windows, Unix, Android, Java Runtime Environment (JRE)
Systemarchitektur	Server-Client-System, Smartphone, Tablet
Referenzprojekte	derzeit in Abstimmung

Kontaktinformationen

Christoph Averdung (averdung@supportgis.de), CPA ReDev GmbH

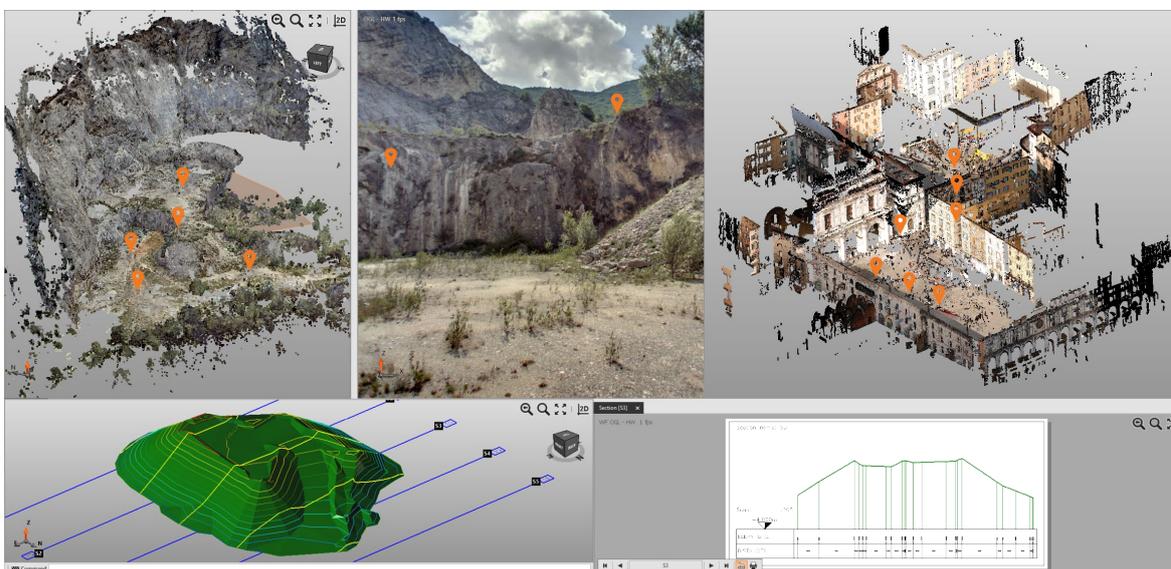


5.1.12 X-PAD Office Fusion – die Bürosoftware für räumliche Daten

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

Art der Anwendung	Plattform zur Verarbeitung und Visualisierung von räumlichen Daten unterschiedlicher Datenquellen
Anwendungsfelder	Geodäsie (Vermessungsbüros, Gemeinden), Hoch-/Tiefbau (BIM), Realitätserfassung (Denkmalschutz, 3D-Kartierung, Archäologie), Geologie, Forschung
Schnittstellen	LandXML, IFC, DWG/DXF, SHP, KML, X-PAD Survey/Construction, WMS, Vermessungsinstrumente verschiedener Hersteller
Voraussetzungen	Min. Win 7 64-Bit SP1, 4 GB RAM, OpenGL-Grafikkarte bei Punktwolken
Systemarchitektur	Desktop, Laptop
Referenzprojekte	europaweite Projekte mit Vermessung, CAD, BIM

Kontaktinformationen

Alexander Schmidt (support.geomax@g-nestle.de),
Gottlieb Nestle GmbH



5.1.13 KorFin – dynamisch in 5 Dimensionen

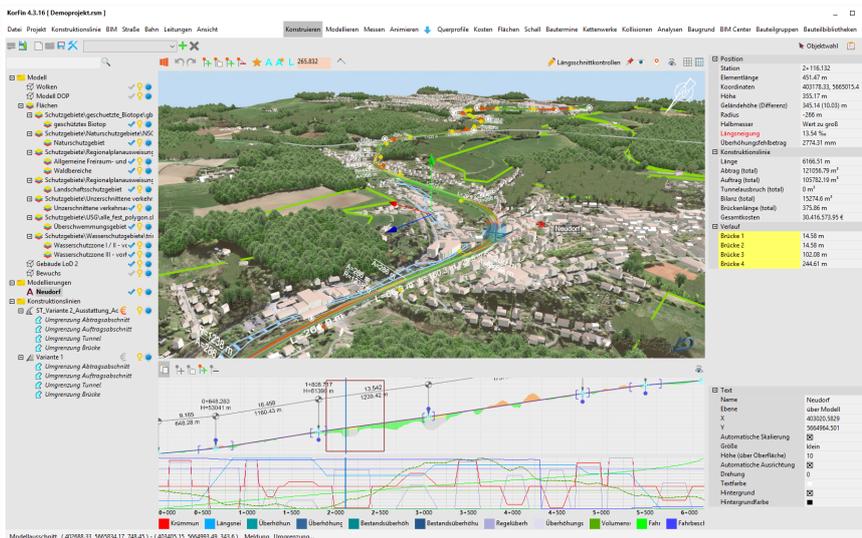
Kurzbeschreibung

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

Art der Anwendung	Daten-/GIS-Management, dynamischer Variantenvergleich, Schallimmissionsberechnung, Bautermine und Bauablaufsimulation, Sicht- und Lichtraumanalysen, Signalsicht, Kollisionsanalysen, Kostenberechnungen
Anwendungsfelder	3D-Bestandsaufnahme, Visualisierung, Trassen-/Variantenvergleich, Erstellung Koordinierungsmodell, Modellbasierte Mengenermittlung...
Schnittstellen	ALKIS, CityGML, CPIXML, DWG/DXF, DRE, IFC, ISYBAU, LandXML, OBJ, REB, Shape, Verm.ESN, 3DS ...
Voraussetzungen	Windows 7, Windows 8, Windows 10 (jeweils 32 und 64 Bit)
Systemarchitektur	Desktop, Client/Server
Referenzprojekte	City-Tunnel Leipzig, ABS 46/2 Emmerich-Oberhausen, ABS/NBS Hanau-Würzburg/Fulda, A6 Ausbau Weinsberg – Landesgrenze

Kontaktinformationen

Felix Kretschmann (felix.kretschmann@aplus.de), A+S Consult GmbH



5.1.14 Leica RTC360 – 3D-Laserscanning-Lösung als Grundlage für BIM

Kurzbeschreibung

Die tragbare, hochautomatisierte, intuitive und für maximale Produktivität ausgelegte RTC360-Lösung besteht aus dem RTC360 3D-Laserscanner, der mobilen App Leica Cyclone FIELD 360 zur automatischen Scan-Registrierung und der Bürosoftware Leica Cyclone REGISTER 360.

3D-Scans inklusive HDR-Aufnahmen entstehen in weniger als zwei Minuten. Bewegungen von Station zu Station werden automatisch durch das neue Visual Inertial System (VIS) aufgezeichnet und so alle Scans ohne manuellen Eingriff im Feld vorregistriert.

Mit den Leica CloudWorx-Plug-ins können Anwender auf effiziente Weise direkt in ihrem bevorzugten CAD-System mit großen Punktwolken arbeiten. Sie können so die gängigen CAD-Werkzeuge und -Befehle verwenden, als auch die speziellen Punktwolkenbefehle, die durch CloudWorx bereitgestellt werden. Schnittstellen sind nicht nötig, weil man sich mit den Plug-ins z. B. direkt in Revit oder Navisworks befindet.

CloudWorx bietet einfache Werkzeuge zum Anzeigen und Arbeiten mit Schnitten aus Punktwolken-daten. Damit können Anwender 2D-Zeichnungen schneller erstellen, 3D-Objekte, wie Oberflächen oder Zylinder, halbautomatisch modellieren und somit Bestandsmodelle erzeugen, visualisieren und als IFC-Datei exportieren.



Eigenschaften

Art der Anwendung	Kombinierte 3D-Laserscanner-Lösung bestehend aus Scanner mit integrierter Bildgebung und Visual Inertial System (VIS), App für die Steuerung und Qualitätskontrolle vor Ort sowie Registrierungssoftware
Anwendungsfelder	Standardkonforme Dokumentation des Lebenszyklus von Bauvorhaben (z. B. Gebäude, Infrastruktur)
Schnittstellen	AutoCAD, Revit, Navisworks, BricsCAD, ArchiCAD
Voraussetzungen	Windows 7, 8, 10 (64 bit)
Systemarchitektur	FIELD360: Tablet mit iOS oder Android; REGISTER360: Windows 10
Referenzprojekte	Flugsteig A-Plus, Fraport AG

Kontaktinformationen

Oliver Dandl (oliver.dandl@leica-geosystems.com), Leica Geosystems GmbH Vertrieb



5.1.15 rmDATA 3DWorx – der unvergleichlich einfache Weg vom Bestand zum Modell

Kurzbeschreibung

rmDATA 3DWorx bietet die Möglichkeit, Punktwolken unterschiedlichster Herkunft zu verwalten, zu editieren, zueinander zu registrieren und daraus einfache Geometrien oder Elemente für ein bestehendes BIM- oder CAD-System abzuleiten.

Daten werden zuerst über das Format E57 oder PTS in ein 3DWorx-Projekt importiert und können dort bei Bedarf bequem und einfach bereinigt werden. Danach kann sofort mit der Ableitung von relevanten Geometrien begonnen werden. Anwender werden dabei über klar definierte Arbeitsschritte ans Ziel geführt und von vielen hilfreichen Automatismen unterstützt.

Mit flexiblen Schnitt-Funktionen erstellen Anwender Geschosßpläne, Fassadenansichten oder auch vertikale Gebäudeschnitte frei wählbar oder entlang von vorgegebenen Achsen. Das Ergebnis wird wahlweise als DXF- oder DWG-Datei exportiert.

Für das Erfassen von IFC-Standard-Elementen (z. B. Wand, Decke, Öffnung ...) 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 das offene Standard-Format IFC.

Die erzeugten Daten können im Anschluss direkt mit einem CAD- oder BIM-System weiterverarbeitet werden.



Eigenschaften

Art der Anwendung	Software zur Bearbeitung von Punktwolken, Erstellung von Schnitten und Ableitung von BIM-Elementen
Anwendungsfelder	Digitalisierung von Gebäuden, Aufmaß von Gebäuden
Schnittstellen	E57, PTS, IFC, DWG/DXF
Voraussetzungen	Intel i5 CPU (oder vergleichbar), 8 GB RAM, 500 MB freier Speicher Grafikkarte: NVIDIA GEFORCE 840M (oder vergleichbar, mindestens 2 GB Grafikspeicher, mindestens OpenGL 4.5) Microsoft Windows 10, Microsoft Windows 7 (Service Pack 1 oder höher)
Systemarchitektur	Desktop-Anwendung
Referenzprojekte	Vermessung Büttner: Sanierung und Neugestaltung von Schloss Liebig in Koborn – Gondorf, UVM

Kontaktinformationen

rmDATA GmbH, Technologiezentrum Pinkafeld,
Industriestraße 6, 7423 Pinkafeld, Österreich,
Tel.: +43 3357 43 333, Fax: +43 3357 43 333-76,
E-Mail: office@rmdata3dworx.com, www.rmdata3dworx.com



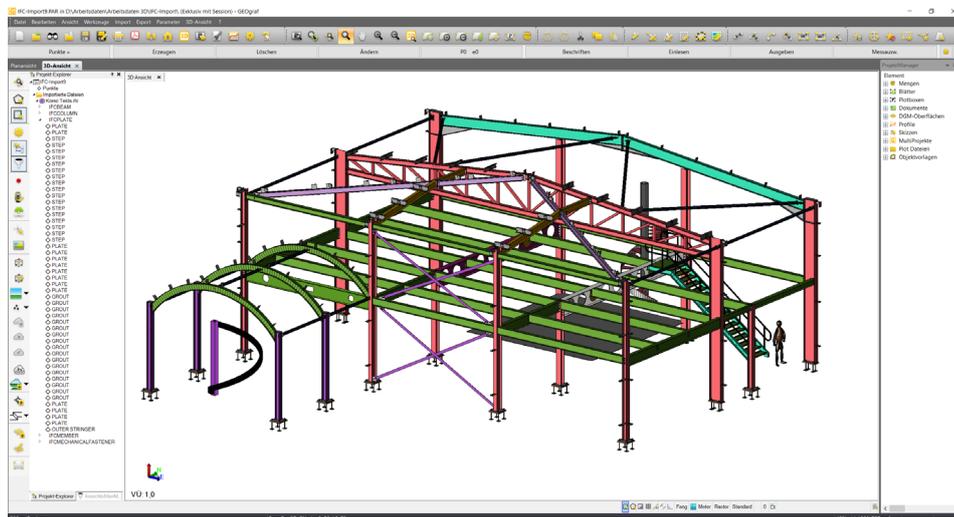
5.1.16 GEOgraf – CAD, GIS, BIM

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

Art der Anwendung	CAD für Vermessung in Office und Feld, BIM und GIS, Datenintegration
Anwendungsfelder	Ingenieurvermessung, Aufmaß und Absteckung, Punktwolken und Messbildpanoramen, Lageplan, DGM, Infrastruktur, Kanal, Straße, Kataster ...
Schnittstellen	IFC, OKSTRA, GML, CityGML, XPLANUNG, Shape, ALKIS-NAS, ALKIS-NBA, ISYBAU, REB, DXF/DWG, WMS/WFS, Geodatenbanken
Voraussetzungen	Microsoft Windows
Systemarchitektur	Desktopapplikation mit Möglichkeit zur Netzwerkinstallation und Multiuserbetrieb
Referenzprojekte	Derzeit in Abstimmung

Kontaktinformationen

Markus Otto-Hahn (otto-hahn@hkh.de), HHK Datentechnik GmbH



5.1.17 SAMO Strategic Asset Management & Operations

Kurzbeschreibung

SAMO ist eine Asset-orientierte Lösung, die eine Vielzahl geschäftskritischer Aufgaben bei Instandhaltung und Instandsetzung, Entstörung, Abschaltung, der Planung und der Ausführung von Investitionsvorhaben, der Arbeitsvorbereitung und dem mobilen Workforce Management unterstützt. Die SAMO-Module ermöglichen 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.

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

Art der Anwendung	GIS/Betriebsmittelverwaltung mit integrierter Workflow-Engine für Prozesse wie Planung/Bau/Entstörung/Instandhaltung/Work Management/Mobile WFM/Netzanschluss/Planauskunft u. v. a. m.
Anwendungsfelder	Infrastrukturmanagement für Netze, Anlagen und Flächen aller Art über den gesamten Lebenszyklus.
Schnittstellen	DGN, DWG, DXF, SHP, KML, SVG, CSV, XML, SQL, ISYBAU XML, NEPLAN, Stanet, PSI, IDS HighLeit, Inovitas Infra3D, entelgenio ASP, Adaptricity.X, IFC 4.1 geplant
Voraussetzungen	Datenbankserver for Oracle/PostgreSQL, JaveEE Applicationsserver, MS Windows für Fat-Clients, Android für mobile Apps, Internetbrowser für mobile Apps und Web-Clients
Systemarchitektur	Multi-Tier-System, Fat-Clients zur Datenerfassung/-Analyse, Web und mobile Clients für Auskunft, Fortführung, Portale im Anwender-CI
Referenzprojekte	Netz-IT bei EWR Netz GmbH, Worms NIS bei Main-Donau Netzgesellschaft mbH, Nürnberg IVAN (Integrierte Verwaltung von Anlagen in Netzen) bei CURRENTA GmbH & Co. OHG, Leverkusen

Kontaktinformationen

Frank Kutter (frank.kutter@asseco-berit.de), Asseco BERIT GmbH

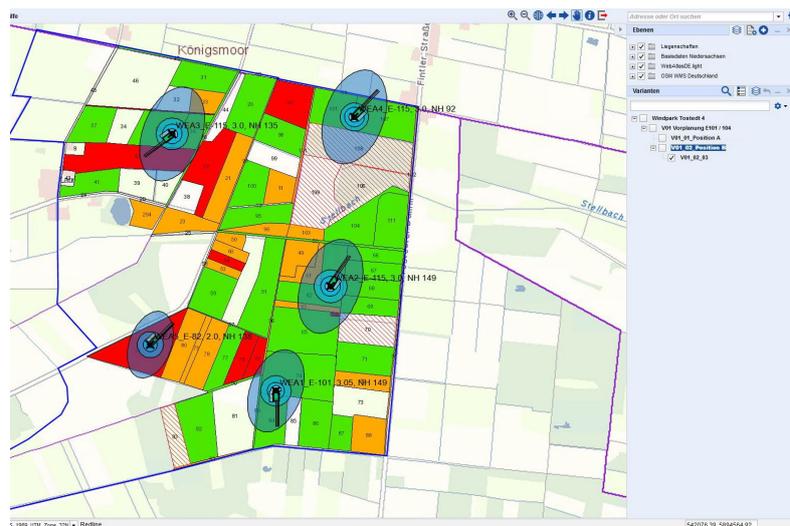
ASSECO

5.1.18 PIA Planungs- & IT-Architektur

Kurzbeschreibung

Mit unserer Planungs- & IT-Architektur kurz „PIA“ haben Sie jede Planungsvariante jederzeit im transparenten Zugriff. Die Web-GIS Schnittstelle von PIA bietet Ihnen eine zentrale und projektübergreifende Sichtweise auf alle Projekte und unterstützt GIS-basierte Bearbeitungen. Darüber hinaus können die Daten für Fachverfahren in den geeigneten Strukturen/für die jeweiligen Werkzeuge bereitgestellt werden. Dies umfasst insbesondere externe GIS-basierte Werkzeuge (ArcGIS, QGIS), CAD-Werkzeuge (Austausch via IFC, Revit) und Fachanwendungen wie WindPRO, DMS, ERP etc. sowie offene Schnittstellen für die Anbindung eigener Werkzeuge. Die Lösung garantiert gesteigerte Informations-, Daten- und Prozess-Sicherheit und reduziert folglich Aufwände bei der Datenkonvertierung und Projektionsänderung. Doppelarbeiten bei der Datenerfassung werden vermieden. Standardisierte Datenaustauschprozesse sorgen letztendlich für beschleunigte Abstimmungsschritte.

In PIA gespeicherte Zwischenergebnisse aus AutoCAD, WindPro, GIS etc. werden im zentralen Datenmodell als Planungsvarianten abgebildet. Die Mitarbeiter haben dezidierte Lese- und Schreibrechte auf Planungsobjekte und Daten (Geobasis-, Sach-, Fachdaten, Verträge, Gutachten etc.). PIA bietet außerdem die Möglichkeit, nach allen Dokumenten (z. B. Verträge und Gutachten) inhaltlich, zeitlich und räumlich zu suchen und die Treffer zu editieren. Die gesamte Infrastruktur kann über standardisierte Schnittstellen in eine bestehende IT-Landschaft (z. B. ERP, CRM, DMS) eingebettet werden.

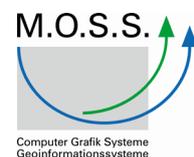


Eigenschaften

Art der Anwendung	Übergreifendes Informationsmanagement in Planungsprozessen (BIM, GIS, DMS etc.) mit zentralem Datenzugriff über Web und mobile Clienten
Anwendungsfelder	z. B. Windpark-Planung
Schnittstellen	Esri, Autodesk, FME, GML, CityGML, IFC, Revit
Voraussetzungen	abhängig von vorhandener Infrastruktur und Werkzeugen
Systemarchitektur	Client-Server-System, Web, Mobil
Referenzprojekte	Windparkplanung; Deep Space BIM

Kontaktinformationen

Markus Braun (mbraun@moss.de), M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH



5.1.19 Der isl-baustellenmanager

Intelligente Software für BIM-fähiges Baustellenmanagement

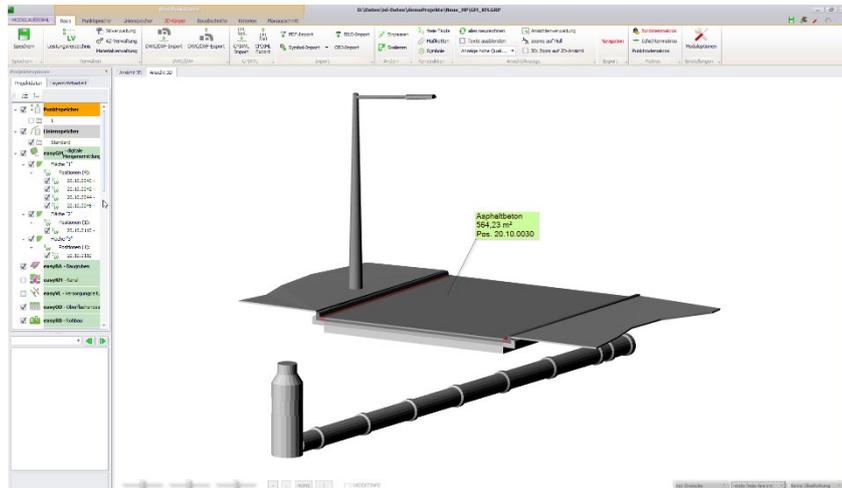
Kurzbeschreibung

„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

Art der Anwendung	Software für das Baustellenmanagement, Erstellung von 3D-Modellen im Bauwesen, Anwendung der Arbeitsweise BIM
Anwendungsfelder	Straßen- und Tiefbau, Erdbau, GaLaBau, Hochbau
Schnittstellen	GAEB, REB, CPI, DXF/DWG, LandXML, (IFC in Arbeit), Topcon, Trimble
Voraussetzungen	Windows (aktuelle Systemvoraussetzungen unter www.isl-kocher.com)
Systemarchitektur	Desktop
Referenzprojekte	Baumaßnahmen von Baukonzernen sowie regional agierenden Mittelständlern

Kontaktinformationen

Frank Kocher (kontakt@isl-kocher.com)
isl-kocher GmbH

isl-kocher.com

Intelligente Software Lösungen

5.2 Dienstleistungen

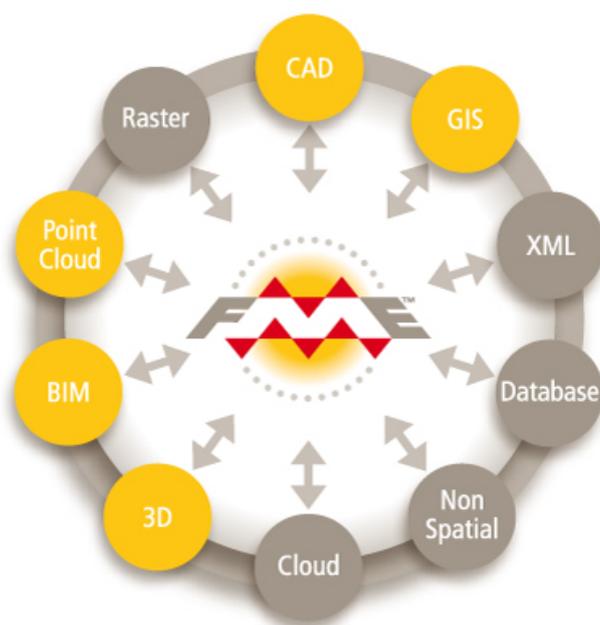
In diesem Kapitel werden exemplarisch einzelne Dienstleistungsprodukte vorgestellt. Diese wurden von den einzelnen Unternehmen, die dem Beteiligungsauftrag des „DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement“ und des „Runden Tisches GIS e. V.“ gefolgt sind, zum Leitfaden beigesteuert.

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 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

Art der Dienstleistung	Beratung und Unterstützung zur Datenintegration für BIM, CAD und GIS mit FME-Technologie; Entwicklung kundenspezifischer Lösungen; Hosting auf Basis von FME Cloud
Anwendungsfelder	Bauen im Bestand, Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau, Bauausführung, Monitoring, Facility Management u. a.
Zielgruppe	Anwender, die Daten integrieren, konvertieren und transformieren möchten
Voraussetzungen	keine
Referenzprojekte	A99, achtstreifiger Ausbau AK München Nord bis AS Haar; Ersatzneubau des Bauwerks 27/1 über die Bahnstrecke 5556 (SSF Ingenieure und Prof. Schaller Umwelt-Consult GmbH) BIM-GIS Integration with IFC https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2016/09/22/bim-gis-integration-with-ifc

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

Art der Dienstleistung	Ausbildungsangebot
Anwendungsfelder	Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau
Zielgruppe	ausführende Planer, technische Zeichner und BIM-Einsteiger
Voraussetzungen	keine
Referenzprojekte	Lindner Group, Arnstorf

Kontaktinformationen

Elke Debacher (elke.debacher@mum.de),
Mensch und Maschine Deutschland GmbH

mensch  **maschine**
CAD as CAD can

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 verformungsgerecht 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

Art der Dienstleistung	z. B. Beratung/Schulung, Einführung, Datenerfassung, Modellierung, Datenintegration (GIS/CAD/BIM) ...
Anwendungsfelder	Datenerfassung von 3D-Gebäudemodelle für das Bauen im Bestand
Zielgruppe	Architekten und Bauherren (B2B, BTC)
Voraussetzungen	Ideal ist ein IFC-fähiges BIM-System, bevorzugt ArchiCAD oder Revit
Referenzprojekte	www.flexijet.info

Kontaktinformationen

Daniel Frisch(daniel.frisch@flexijet.info), Flexijet GmbH

flexijet

5.2.4 BIM-Beratung

Kurzbeschreibung

Viele Vermessungs- und Planungsbüros sowie Bauunternehmen 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, haben die BIM-Experten der CADsys GmbH den CADsys BIM-Stufenplan entwickelt. Dabei begleiten unsere BIM-Berater die Kunden bei der Analyse, einem Pilotprojekt und der stufenweisen Umsetzung im Unternehmen. Gemeinsam entwickeln wir zum Beispiel das BIM-Handbuch als Grundlage reibungsloser Abläufe im Unternehmen.

In einigen Bundesländern wie Sachsen und Thüringen sind diese Beratungsleistungen unter bestimmten Voraussetzungen sogar förderfähig.

Die drei großen Bausteine unseres CADsys BIM-Stufenplans sind in folgender Abbildung zu sehen:



Die CADsys Vertriebs- und Entwicklungsgesellschaft GmbH hat u. a. für dieses Thema Workflows entwickelt. Das Systemhaus aus Chemnitz unterstützt Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmen rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen, praxisnahe Schulungen und BIM-Beratung.

Eigenschaften

Art der Dienstleistung	Beratung, Einführung der BIM-Methode
Anwendungsfelder	Bauen im Bestand, Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau, Bauausführung, Monitoring, u. a.
Zielgruppe	Vermessungs- und Planungsbüros sowie ausführende Betriebe
Voraussetzungen	keine
Referenzprojekte	FUCHS Ingenieurbüro für Verkehrsbau GmbH (BIM-Einführung) Ingenieurbüro Schulze & Rank Ingenieurgesellschaft m. b. H. (BIM-Einführung) O+M Architekten GmbH BDA (BIM-Einführung)

Kontaktinformationen

Wenzel Gierlich (wgierlich@cadsys.de), CADsys GmbH

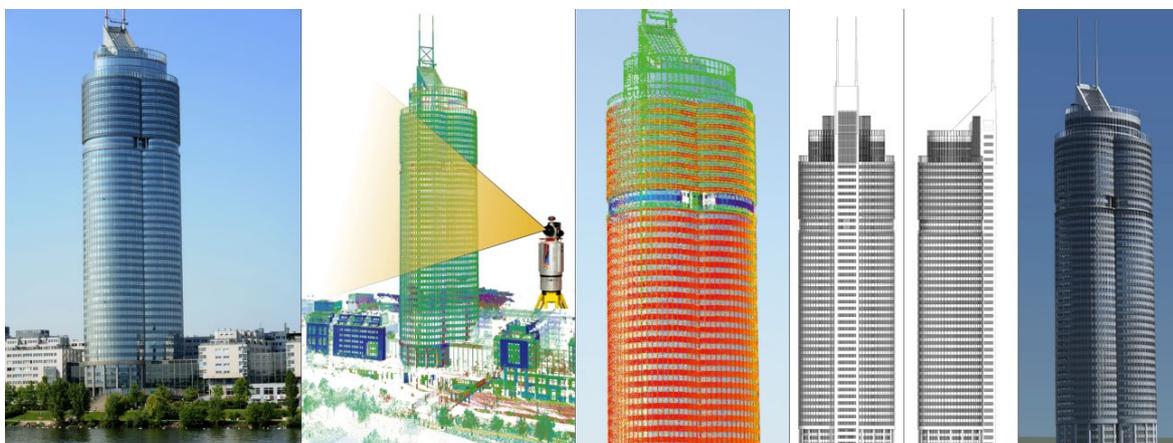
5.2.5 PHOCAD GmbH – Datenerfassung, Auswertung und Modellierung

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

Art der Dienstleistung	Datenerfassung, Modellierung, Datenintegration (GIS/CAD/BIM)
Anwendungsfelder	Bauen im Bestand, Hochbau/Tiefbau, Bauausführung, Denkmalschutz, Facility Management, Bauwerksüberwachung, Mobile Mapping
Zielgruppe	BTB, BTC
Voraussetzungen	keine
Referenzprojekte	http://phocad.de

Kontaktinformationen

Christoph Effkemann (effkemann@phocad.de), PHOCAD GmbH



5.2.6 Einfache BIM-Integration für Planer und urbane Simulation

Basierend auf 3D-Stadtmodellen bietet Virtual City Systems Lösungen für die urbane Simulation und die Integration von BIM-Modellen, zur Visualisierung von Planungen im Kontext der Umgebungsbebauung.

Kurzbeschreibung

Virtual City Systems bietet mit dem VC Planner – einem 3D-Planungstool – eine Lösung zur Integration von BIM-Modellen in 3D-Stadtmodelle. Durch die Nutzung des offenen und anerkannten Datenstandards IFC lassen sich BIM-Modelle in wenigen Arbeitsschritten in ein Planungsszenario integrieren, sei es für die realistische Visualisierung oder für Simulationen. Zahlreiche weitere 2D-Pläne und 3D-Modelle in unterschiedlichen Architekturformaten lassen sich per Drag-and-drop im 3D-Stadtmodell visualisieren. Die integrierten Modelle können beispielsweise für die interaktive Stadtplanung im Webbrowser zur Visualisierung von Architektorentwürfen genutzt werden, wie es das Beispiel aus dem Smart Villages Projekt des LGL Stuttgart (Abb. links) anschaulich zeigt.

Mit dem VC Warehouse lassen sich zusätzlich zum Import von Modellen auch ausgewählte Gebiete aus dem 3D-Stadtmodell in zahlreiche Zielformate exportieren. Dies ermöglicht die freie Nutzung und Weiterverarbeitung von Szenen und Modellen.

Die exportierten Szenen stehen somit auch verschiedensten Simulationsanwendungen zur Verfügung und erlauben unter anderem Windfeld- und Mikroklimaanalysen (Abb. rechts).

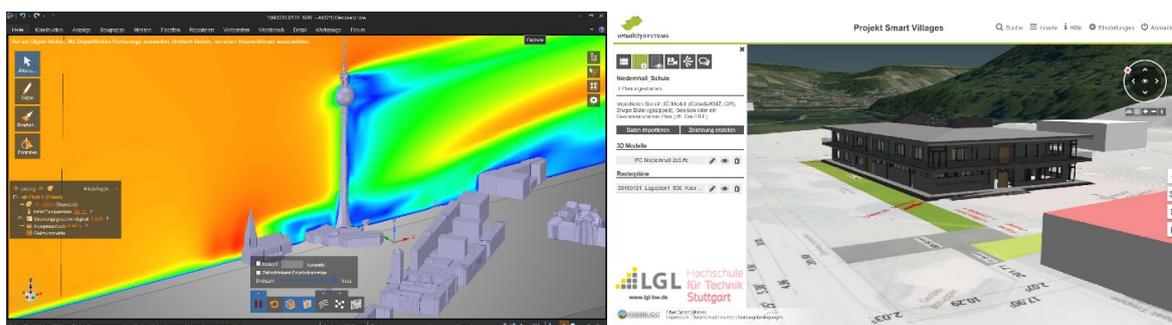


Abbildung: BIM-Integration einer Grundschule im Projekt Smart Villages Niedernhall des LGL Stuttgart (links) und Windfeldanalyse des Berliner Fernsehturms im urbanen Kontext (rechts).

Eigenschaften

Art der Dienstleistung	Datenaufbereitung von BIM-Modellen für die Integration in 3D-Stadtmodelle und Simulationsanwendungen; Mechanische, thermische oder strömungsmechanische Simulationen
Anwendungsfelder	Architektur, Stadtplanung, Infrastrukturplanung, Gebäudebestandsverwaltung, Katastrophenmanagement
Zielgruppe	BTB, BTC
Voraussetzungen	BIM-Modelle im IFC-Format, CityGML-basierte 3D-Stadtmodelle
Referenzprojekte	Projekt Smart Villages Niedernhall des LGL Stuttgart; Windfeld- und Mikroklimasimulation im Rahmen der Entwicklung des Überseehafens in Bremen; Windfeldsimulation Digital Twin Kalasatama der Stadt Helsinki; weitere Projekte zur Verarbeitung von BIM-Modellen und Simulationsanwendungen

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

Art der Dienstleistung	Bestandsvermessung, Planfertigung nach DIN, 3D-Modellierung nach BIM-Philosophie
Anwendungsfelder	Architektur, HLS, Anlagen, Außenanlage → LPH 1-4, 8, 9
Zielgruppe	Bauherrschaft, Generalplaner, Architekten, Planer je Gewerk
Voraussetzungen	Projekte im Brownfield oder Dokumentation für CAFM
Referenzprojekte	www.3dwelt-vermessung.de

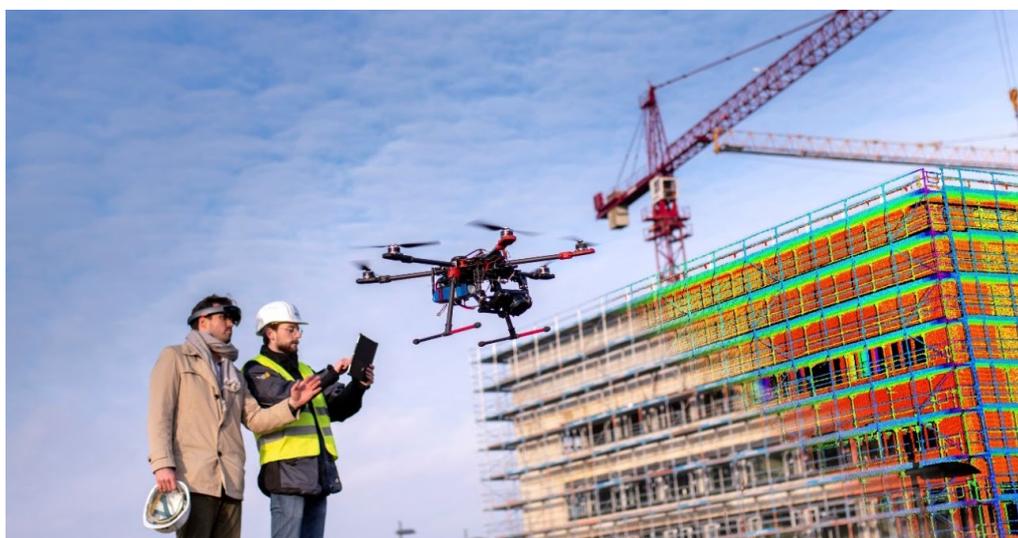
Kontaktinformationen

Benjamin Sattes (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

Art der Dienstleistung	Forschung und Entwicklung, BIM-Zertifizierung, BIM-Qualifikation, BIM-Prozessevaluation, BIM-Beratung, Netzwerk
Anwendungsfelder	Digitale Planung, Herstellung und Vorfertigung, Lieferung, Zusammenbau und Montage, Bauausführung, Inbetriebnahme, As-built-Dokumentation, computergestütztes Facility Management (CAFM) und Wartung technischer Systeme
Zielgruppe	B2B
Voraussetzungen	Immatrikulation als Partner
Referenzprojekte	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 CADsys 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 CADsys, als Schulungsbeispiel ein Projekt des Kunden zu verwenden.

Für den Bereich der Geodäsie bietet CADsys 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 Schulungen zum BIM-Koordinator an. Im Anschluss an diese Schulungen können Sie eine Online-Prüfung ablegen und so ein international anerkanntes Zertifikat erhalten. Als zertifizierter Weiterbildungsträger von buildingSMART und dem VDI halten wir uns an die nationalen und international vereinheitlichten Schulungsinhalte. Dadurch stellen wir sicher, dass BIM einheitlich ausgebildet wird.

Die CADsys Vertriebs- und Entwicklungsgesellschaft GmbH aus Chemnitz unterstützt Vermessungsingenieure, Planer und Bauunternehmen rund um BIM-Software- und Hardwarelösungen, praxisnahe Schulungen sowie BIM-Beratung. Der Einsatz des CADsys BIM-Stufenplans sorgt für eine optimierte Einführung von BIM in jedem Unternehmen.



Eigenschaften

Art der Dienstleistung	Beratung, Schulung, Einstieg, Modellierung
Anwendungsfelder	Bauen im Bestand, Infrastrukturplanung, Hochbau/Tiefbau, Bauausführung, Monitoring u. a.
Zielgruppe	Vermessungs- und Planungsbüros sowie ausführende Betriebe
Voraussetzungen	keine
Referenzprojekte	Matthäi Bauunternehmen GmbH & Co. KG

Kontaktinformation

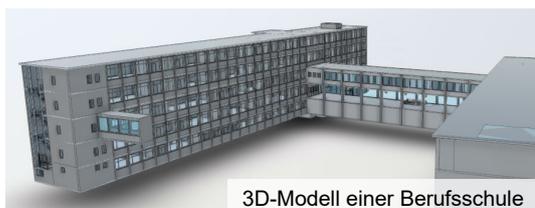
Carolin Leipold (cleipold@cadsys.de),
CADsys GmbH

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

Art der Dienstleistung	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.
Anwendungsfelder	3D-Bestandserfassung, As-Built-Dokumentation, Scan-to-BIM, Digital Twin, Bauen im Bestand, Hochbau, Innenarchitektur, Facility Management, Datenintegration (CAD/BIM/CAFM), Visualisierung (2D, 3D)
Zielgruppe	Wohnungswirtschaft, Öffentliche Gebäudebesitzer:innen, Büroimmobilienbesitzer:innen
Voraussetzungen	LumoScanner (Leihgerät), internetfähiges Endgerät mit Browser (Smartphone, Tablet, Computer)
Referenzprojekte	Gebäudewirtschaft der Stadt Köln: Erfassung, Grundrisserstellung (PDF) u. 3D-Modellerstellung (IFC) einer Berufsschule mit über 8000 qm. Volkswohnung: Erfassung, Grundrisserstellung (DWG) und 3D-Modellerstellung (IFC) von über 20 Wohnungen Covestro: Erfassung u. Grundriss-Erstellung (DWG) eines Bürogebäudes

Kontaktinformationen

Dr.-Ing. Silvan Siegrist (Silvan.Siegrist@lumoview.com), www.lumoview.com

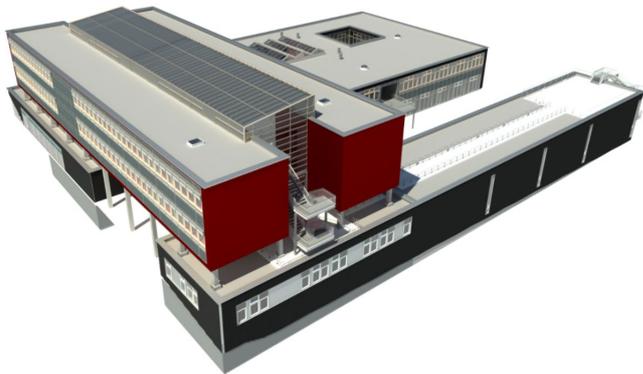
5.2.11 Modellierung von BIM-Modellen

Kurzbeschreibung

Wir, die Wuttke Ingenieure, sind ein Familienunternehmen, das auf die Verarbeitung von raumbezogenen Daten spezialisiert ist. Mit unseren Abteilungen für Ingenieur- und Industrievermessung, Digitale Raumdaten sowie Building Information Modeling unterstützen wir unsere Kunden von der Idee, über die Planung, bis hin zur Bauausführung und Bewirtschaftung. Dafür unterhalten wir ein starkes Team von Vermessungs- und Bauingenieuren, Architekten, BIM-Managern und -koordinatoren, sowie BIM-Modellierern und Bauzeichnern.

BIM-Modelle erstellen wir für unsere Kunden sowohl auf der Grundlage von übergebenen Plänen („2D-to-BIM“) als auch auf der Grundlage von eigenen Messungen („Scan-to-BIM“). Wir können Fachmodelle der Architektur, des Tragwerks und der TGA- sowie der Infrastruktur modellieren.

Bei der Scan-to-BIM-Methode blicken wir auf eine über 15-jährige Erfahrung im Bereich der Architekturvermessung zurück. Für die Erfassung setzen wir nur Hightech ein, so wie den Mobilien Laserscanner VLX von NavVis oder den Terrestrischen Laserscanner Leica RTC360 sowie Drohnen von DJI.



Eine Anfrage zu unserer Dienstleistung Scan-to-BIM erfolgt ganz einfach und schnell über unsere Web-App, die über folgenden Link zu erreichen ist. <https://www.wuttke-ingenieure.de/scantobim-app>

In dieser werden Schritt für Schritt die wichtigsten Informationen zum Projekt, zum Objekt sowie zur Erfassung und zur Modellierung abge-

fragt. Auf diese Weise erhalten unsere Kunden kurzfristig ein wirtschaftliches Angebot!

Geliefert werden von uns ausschließlich qualitätsgeprüfte BIM-Modelle. Die Prüfung beinhaltet, ob das BIM-Modell der Modellierungsvorschrift sowie dem vereinbarten Level of Development entspricht. Bei Scan-to-BIM wird das Modell auch auf die Einhaltung der Modellierungsgenauigkeit geprüft, also wie stark weicht das Modell von der Punktwolke ab. Neben dem BIM-Modell kann der Kunde auch einen Punktwolkenviewer erhalten. Mit diesem Tool kann durch die Punktwolke navigiert, die einzelnen Panoramaaufnahmen betrachtet und Messungen angestellt werden. Das Tool benötigt keine Installation und ist entweder lokal auf dem Rechner oder in der Cloud verfügbar.

Eigenschaften

Art der Dienstleistung	Modellierung von BIM-Modellen auf Grundlagen von Laserscanning (Scan-to-BIM) oder 2D-Plänen (2D-to-BIM)
Anwendungsfelder	u. a. Bauen im Bestand, Planungsgrundlage im Hoch- und Tiefbau, Visualisierung von BIM-Modellen
Zielgruppe	BTB, BTC
Referenzprojekte	https://www.wuttke-ingenieure.de/referenzen

Kontaktinformationen

Oliver Wuttke (oliver.wuttke@wuttke-ingenieure.de)
Wuttke Ingenieure GmbH

wuttke
ingenieure

5.2.12 BIM: besondere Haftungsfragen und Cybersisiken +

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 unter Umständen eine sogenannte „gesamtschuldnerische Haftung“, bei der Vermessungsingenieur:innen möglicherweise 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 gegebenenfalls mit entsprechenden individuellen Sondervereinbarungen zu ergänzen. Für BIM-Koordinatoren oder BIM-Manager kann eine zusätzliche IT-Haftpflichtversicherung wichtig sein. Übrigens: Im speziell für Vermessungsingenieur:innen entwickelten Versicherungspackage „GeoInsurance“ (www.geoinsurance.de) der pisa Versicherungsmakler GmbH ist die Haftung im Zusammenhang mit BIM-Projekten umfangreich mitversichert. Darüber hinaus bietet „GeoInsurance“ etliche weitere speziell auf die Bedürfnisse von Vermessungsingenieur:innen zugeschnittene Leistungen in den Bereichen „Haftung“, „Instrumente“ und „Rechtliches“.

Ergänzend sei Vermessungsingenieur:innen, vor allem denjenigen, die an BIM-Projekten mitarbeiten, die Absicherung gegen die finanziellen Risiken durch Cybercrime empfohlen. Schließlich handelt es sich bei BIM-Projekten um wertvolle digitale Daten, auf die eine Vielzahl Projektbeteiligter mit unter Umständen unterschiedlichen Standards bezüglich Datensicherheit (über die gesamte Dauer eines Gebäudezyklus) Zugriff hat. Daher rücken BIM-Daten immer mehr in den Fokus von Hackern.



Eigenschaften

Art der Dienstleistung	Unabhängiger Fachversicherungsmakler für Vermessungsingenieur:innen
Anwendungsfelder	GeoInsurance (Versicherungspackage für Vermessungsingenieur:innen) Cyber-Versicherung D & O-Versicherung Gruppen-Unfallversicherung betriebliches Vorsorgemanagement
Zielgruppe	Vermessungsingenieur:innen
Voraussetzungen	keine
Referenzprojekte	Flughafen München, Stuttgart 21

Kontaktinformationen

Daniel Jerlich (dj@pisa-versicherungsmakler.de), pisa Versicherungsmakler GmbH



6 Zusammenfassung und Ausblick

Beitrag von Andreas Donaubauer und Robert Seuß

6.1 Zusammenfassung

Der vorliegende Leitfaden Geodäsie und BIM versteht sich als kompakte Informationsquelle und Nachschlagewerk für den dynamischen BIM-Markt. Er erscheint zu einer Zeit, in der wichtige Grundlagen für die Methode BIM erarbeitet werden und eine hohe Nachfrage nach Informationen zum Thema festzustellen ist. Der zur INTERGEO 2017 erstmals erschienene Leitfaden in der Version 1.0 (2017) und die aktualisierten Versionen 1.2 (2018), 2.0 (2019), 2.1 (2020) und 3.0 (2021) wurden innerhalb von fünf Jahren über 17.000-mal von den Webseiten des DVW und des Runden Tisch GIS heruntergeladen. Gleichzeitig ist seit 2020 auch die Bestellung der jeweils aktuellen Version als Print-on-Demand in gedruckter Form möglich.

Der Leitfaden dokumentiert den aktuellen Stand der Entwicklung im geodätischen Umfeld. Durch den modularen Aufbau und seine digitale Publikation ermöglicht er eine dynamische Fortschreibung. So ist die vorliegende Version 3.1 (2022) eine Fortschreibung der im Jahr 2021 grundlegend überarbeiteten Version 3.0 (2021).

Nach einer Einführung werden in Kapitel 2.1 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 und Clemen 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 widersprächen. 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 2.1 schließt mit Informationen zum Stand der Einführung der BIM-Methode weltweit und speziell in Deutschland sowie einem Fazit ab.

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 Missverständnissen 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 Kaden 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. 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 in seinem Beitrag 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.

Donaubauer et al. beschreiben in ihrem Beitrag 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 achtzehn Beispiele aus dem Bereich der Ingenieurvermessung, zwölf Beiträge zur BIM- und GIS-Integration sowie ein neuer Ansatz zum BIM-Prozess und -Management, wie ein konkreter praktischer Einsatz aussieht.

In den beschriebenen Projekten der Ingenieurvermessung (Kapitel 3.1) steht der Aspekt der Datenerhebung und Weiterverarbeitung für BIM im Vordergrund.

Der Beitrag von Riemenschneider „Der S-Bahn-Tunnel in Frankfurt am Main“ zeigt, wie zukünftig die Ingenieurvermessung ihre gemessenen Daten in ein objektorientiertes Fachmodell integrieren muss und welche Komplexität dabei in Großprojekten entsteht.

Schaper und Künßner kommen in ihrem „BIM-Pilotprojekt Neubau der Westkammer der Schleuse Wedtlenstedt am Stichkanal nach Salzgitter“ zu der Erkenntnis, dass die Schaffung von In-house-Kompetenz der erste Schritt ist. Danach ist die Frage der Genauigkeit und Granularität der Daten festzulegen und das Baustellennetz/geodätische Bezugssystem zu klären. Ebenfalls ein wichtiger Punkt ist der LOD bzw. die Toleranz. Abschließend ist auch die eigene IT-Infrastruktur mit zu beachten.

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.

Auch der Praxisbeitrag von de Keijzer und Rupp beschäftigt sich mit der Frage der Datenerfassung für ein BIM-Modell. In ihrem Beispiel wird eine Kombination von Laserscanning und Tachymetrie gewählt. Mit dem Modell konnte im weiteren Projektverlauf umfangreich weitergearbeitet und die Vorteile der BIM-Methode nachgewiesen werden. Besonders die Erkenntnis, dass der Geodät mehr als ein Datenlieferant ist, rundet den Beitrag ab.

Der Beitrag „Anwendung von 3D-Laserscanning und Photogrammetrie zur as-built-Dokumentation von Gebäuden“ von Effkemann beschäftigt sich ebenfalls mit der Frage der Bestandsdokumentation in der Form eines bauteilorientierten as-built-Bauwerksmodells. Er zeigt anschließend, wie weitere Daten mit dem Modell verknüpft werden können und wie das Modell benutzt wird, um eine Schadenskartierung zu erstellen.

In dem Praxisbericht von Borgmann wird am Beispiel des Edo-Wiemken-Denkmal gezeigt, dass auch in anspruchsvollen und geometrisch komplexen denkmalgeschützten Bauwerken eine Bestandserfassung und Planung nach der BIM-Methode möglich ist. Auch in diesem Projekt bildet das 3D-Laserscanning die vermessungstechnische Basis.

Die Erstellung eines BIM-Bestandsmodells für den Bahnhof Kaub wird im Bericht von Schock und Saeger skizziert. Als wesentliche Erkenntnis wird dabei formuliert, dass vor einem neuen Projekt mit einer neuen Software zwingend eine Schulung der Software erfolgen muss.

Im Beitrag „Bestandsdokumentation für die BIM-orientierte Entwurfsplanung“ zeigt Völter ebenfalls an einem Bahnhof (Metzingen), wie mit BIM-Pilotprojekten Erfahrungen gesammelt werden können. Er thematisiert besonders die Frage des Abstraktionsgrads von Bestandsaufnahmen und die Frage der Verantwortung des Geodäten. Hierzu gibt er auch einige Lösungsvorschläge, wie mit den Objektkatalogen zukünftig umgegangen werden kann.

Am Beispiel der neuen Schleuse Trier zeigen Becker und Knapp die Möglichkeiten des Einsatzes von BIM im Wasserbau. Im Rahmen eines Forschungsprojekts wird neben BIM-Modellen für den Planungs- und Bauzustand auch ein Objekt- bzw. Bauteilkatalog für ein Schleusenbauwerk erarbeitet. Besonders die Frage der as-built- bzw. as-is-Modelle für die Bewirtschaftung wird zum Abschluss thematisiert.

Huge befasst sich in seinem Beitrag mit der „Erfassung und Erstellung eines BIM-konformen Bestandsmodells der Huntebrücke als Teil der A29 bei Oldenburg“. Das Ziel war die Erstellung einer

Datengrundlage des Ingenieurbauwerks für die weitere Entwurfs- und Bauablaufplanung. Als besonderen Wunsch formuliert er, dass sich die Angabe eines Level of Accuracy (LOA) aufseiten der Auftraggeber etabliert, um eine Angabe zur Modellierungsgenauigkeit zu erhalten.

Der Beitrag von Zschiesche et al. beleuchtet die Thematik der Integration von BIM-Modellen mit Daten aus der strukturellen Bauwerksüberwachung, also Daten von bauwerksintegrierten Sensoren oder von ingenieurgeodätischen Überwachungsmessungen. Die Autoren stellen einerseits fest, dass eine Integration solcher Daten mittels kommerzieller BIM-Softwarewerkzeuge prinzipiell möglich ist. Andererseits zeigt der Beitrag aber auch, dass in diesem wichtigen Anwendungsfeld noch Optimierungsbedarf besteht, so sei es momentan beispielsweise nur möglich, Messdaten zu ganzen Bauteilen zuzuordnen und nicht zu diskreten Messpunkten.

Der Anwendungsfall von Mörtel beschreibt exakt georeferenzierte BIM-Modelle im Tiefbau. Das vorgestellte „Navigationssystem für den Baustelleneinsatz“ erlaubt es, in einfacher Weise die digitale Repräsentation eines Bauteils innerhalb eines BIM-Modells zu selektieren und den Anwender anschließend zu dem Bauteil in der realen Welt zu navigieren. Voraussetzung hierfür sind ein exakt georeferenziertes BIM-Modell sowie ein exaktes Festpunktfeld. Die vorgestellten Beispiele für den Einsatz des Systems im Betoneinbau auf einem Flughafenvorfeld und im Straßenbau zeigen anschaulich den Nutzen des Navigationssystems in der Praxis eines Tiefbauunternehmens.

Die Autorinnen Lämmel und Göthner zeigen im Praxischeck der HPC AG, wo die Vorteile von BIM im Bereich Infrastruktur liegen und wie sich ein Unternehmen hierzu aufstellen kann. Das Praxisinterview vermittelt erste Eindrücke, wie eine konkrete Nutzung der BIM-Methode erfolgen kann.

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.

Plaß erläutert 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.

Tschickardt beschreibt in seinem Beitrag ein erstes Projekt, bei dem Planung, Ausführung und Erhaltung mit BIM aus einer Hand erfolgen. Am Beispiel eines Abschnitts der A10/24 zeigt er die Vorteile einer zentralen Informations- und Kooperationsplattform. Außerdem erläutert er die Herausforderungen, die in der organisatorischen Umsetzung durch die Prozessbeteiligten liegen.

Mit dem Praxisbeispiel „Geodätischer Raumbezug der Eisenbahn-Infrastruktur“ beschreibt Reifenhäuser die Vorgehensweise der DB Netz AG, um die homogene und maßstabsgetreue 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.

Im letzten 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 der verschiedenen Objektarten ein.

Die Praxisbeispiele aus dem Bereich BIM-GIS-Integration (Kapitel 3.2) zeigen eine Reihe technischer Möglichkeiten, aber auch technologieunabhängige Vorgehensmodelle 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.

Carstens und Ertac stellen in ihrem Beitrag fest, dass die hohe Komplexität der BIM-GIS-Verknüpfung in Praxisprojekten einen systematischen Ansatz erfordert, wie ihn das im Beitrag beschriebene BIM-GIS-Vorgehensmodell darstellt. Im Vorgehensmodell werden BIM-Anwendungsfällen, die einen Abgleich der Planung mit ihrem Umgebungsraum erfordern, GIS-Aufgaben zugeordnet und BIM-GIS-Kooperationsergebnisse festgeschrieben. Neben dem prinzipiell systemneutralen Vorgehensmodell werden im Beitrag zudem Softwarewerkzeuge vorgestellt, die einer Kooperation eines Herstellers von BIM-Software und einem GIS-Softwareproduzenten entspringen.

Anhand eines konkreten Projekts aus der Infrastrukturplanung zeigen Schaller et al. in ihrem Beitrag auf, wie mittels aktuell zur Verfügung stehender GIS- und BIM-Software eine Integration von Ingenieur- und Umweltplanung erfolgen kann. Der vorgestellte Geodesign-Prozess ermöglicht eine enge Kopplung zwischen Entwurf und Wirkungsanalyse und damit zwischen Ingenieur- und Umweltplanung. Somit kann der Entwurf auf Grundlage der Ergebnisse der Wirkungsanalyse optimiert sowie die Planung und Bauausführung beschleunigt werden. Die Autoren stellen fest, dass die Softwaresysteme aus den jeweiligen Fachdisziplinen als in sich geschlossene, hochspezialisierte Werkzeuge betrachtet werden müssen, sodass ein Austausch von Informationen dank verfügbarer Transformationswerkzeuge jedoch wechselseitig erfolgen kann. Wichtig sei dabei ein gegenseitiges Verständnis der Struktur und der Semantik der ausgetauschten Daten, um Informationsverluste oder Fehlinterpretationen zu vermeiden.

Ein weiteres Praxisbeispiel aus dem Bereich der Infrastrukturplanung wird von Egger beschrieben. Auch im Fall der Erweiterung des Hamburger U-Bahn-Netzes werden Daten geplanter Infrastrukturbawerke mittels eines Transformationswerkzeugs in GIS integriert. Dabei wird auf der BIM-Seite mit IFC und mit CityGML auf der GIS-Seite auf standardisierte Datenmodelle gesetzt. So schreibt die Autorin, dass alle verfügbaren Geobasis- und Geofachdaten zunächst zu einem konsistenten Gesamtmodell auf der Basis von CityGML zusammengeführt wurden, um diese dann im Planungsprozess weiterzuverwenden. Die Aufbereitung der Geobasis- und Geofachdaten umfasste neben der Abbildung auf das CityGML-Datenmodell auch den Übergang von 2D- auf 3D- bzw. 2.5D-Geometrien. Die Nutzung standardisierter Datenmodelle auf der GIS-Seite dürfte einen Beitrag zu dem auch im Beitrag von Schaller et al. geforderten Verständnis von Datenstruktur und Semantik aller am Planungsprozess beteiligten Akteure liefern.

Die beiden Artikel von Bartnitzek und Appelt bzw. Bartnitzek und Tilger befassen sich speziell mit der Beurteilung von Sichtbarkeiten auf der Grundlage von BIM-Objektmodellen und dem aus Geobasis- und Geofachdaten abgeleiteten Bestandsmodell. So wird im ersten Beitrag die 3D-Visualisierung einer ca. 50 km langen Freileitung beschrieben, für die eine Kapazitätserhöhung geplant ist. Aufbauend auf einem 3D-Bestandsmodell, das aus einem texturierten Geländemodell, CityGML-Gebäudeobjekten und automatisch erzeugten Bewuchsobjekten besteht, wurde ein Planungsmodell generiert, das zusätzlich die geplanten Freileitungsobjekte enthält. Letztere werden parametrisch beschrieben und lassen sich daher mit geringem Aufwand verändern. Neben den generierten Modellen an sich, sind es laut den Autoren vor allem die automatisierten Prozesse, z. B. zur Erzeugung

von Bewuchsobjekten aus Geobasisdaten, die einen Mehrwert darstellen. Dies gilt auch für den zweiten Beitrag, der sich der Simulation der Blendwirkung von Fahrzeugscheinwerfern auf der Grundlage eines virtuellen Bestands- und Straßenplanungsmodells widmet.

Auch der Beitrag „Geodaten umfassend 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.

Die beiden Beiträge von Wieder et al. sowie Haller et al. stammen aus dem Bereich „Computer Aided Facility Management“ (CAFM). Wieder et al. beschreiben in ihrem Beitrag, wie durch eine 3D-Erfassung und Modellierung von gesamten Liegenschaften bestehend aus Luftbildbefliegung mit UAV, Gebäudeaufnahme mittels Laserscanning und topographischer Aufnahme des Gesamtgeländes an Stelle von kleinteiligen, vorhabenbezogenen Datenerfassungen Workflows im Facility Management optimiert werden können. Das Praxisbeispiel von Haller et al. gibt einen Einblick in die aktuellen Aktivitäten am Flughafen München zur Integration von IFC-Daten in eine bestehende Geodatenbank-basierte CAFM-Umgebung. Eines der Hauptziele ist dabei eine schnellere Übergabe der Daten vom Bauprojekt zum Betrieb. Die Autoren sehen sich dabei unter anderem mit folgenden Herausforderungen konfrontiert: Heterogener Datenbestand aus 2D-Daten für den Altbestand der Gebäude und 3D-BIM-Daten für neue Gebäude und Bauwerke mit größeren Umbauten, Erstellung von Auftraggeber-Informationsanforderungen auf Basis des IFC-Datenmodells und Definition von komplexen Workflows für die Fortschreibung der IFC-Daten durch externe Firmen sowie webbasierte 3D-Visualisierung und für die Zukunft die Unterstützung von Prozessen durch Mixed Reality.

Heine und Gnoth geben ein Beispiel, wie sich die Integration von BIM und GIS in die Hochschullehre integrieren lässt. In dem von den Autoren beschriebenen Lehrmodul „BIM/GIS“ sollen Studierende des Bauingenieurwesens lernen, auf der Grundlage von Geobasisdaten BIM-konform zu planen und zu modellieren. Dies umfasst unter anderem die Integration von Geobasisdaten in ein BIM-Autorenwerkzeug inklusive der Koordinatentransformation in ein lokales Koordinatensystem, die Aufnahme und Modellierung des Baubestands sowie die Integration des modellierten Gebäudes in ein Geoinformationssystem. Die Wahl eines Gebäudes mit außergewöhnlichem Grundriss und gekrümmten Fassaden erlaubte es, eine Vielzahl von Erfahrungen bei der Modellierung und beim Datentransfer nicht standardisierter Bauteile zu gewinnen.

Kauer et al. stellen ein Forschungsprojekt vor, das eine Optimierung des Bauablaufs durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologie und maschinellem Lernen zum Ziel hat. Anhand verschiedener Use Cases, wie die Baufortschrittskontrolle oder die Trainingssimulation, werden digitale Assistenten konzipiert, die der Entscheidungsunterstützung dienen. Beispielsweise soll im Use Case „Variantenassistent“ durch Kopplung von BIM, 3D-GIS und Augmented-Reality-Technologie die Beurteilung der Lage und Gestaltung eines Bauvorhabens unterstützen.

Der letzte Beitrag im Abschnitt 3.2 von Theiler et al. beschreibt ein aktuelles Forschungsvorhaben. Das Projekt befasst sich mit der Integration von BIM in das behördliche Bauantragsverfahren. Insbesondere werden Anforderungen an den Informationsinhalt von BIM-Modellen für das Genehmigungsverfahren ermittelt und formal mittels Model View Definitions (MVD) beschrieben. Darüber hinaus wird die Kopplung von BIM-Modellen und digitalen Bebauungsplänen nach dem Standard XPlanung untersucht. Von Interesse ist dabei, welche Informationen aus den Bebauungsplänen für die Erstellung von BIM-Modellen für den Bauantrag genutzt und welche Daten nach Projektabschluss aus dem BIM-Modell in den Bebauungsplan übernommen werden können.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Mehrheit der Autoren aus dem GIS-Bereich zwar immer noch von Forschungs- und Pilotprojekten oder der Erstellung von Konzepten berichten, dass die Zahl der konkreten Praxisbeispiele aber steigt und die Integration von BIM und GIS auch bereits

in die Hochschullehre Eingang gefunden hat. Werden konkrete Praxisbeispiele genannt, so lassen diese sich mehrheitlich dem Bereich der Planung und Bauausführung von Infrastrukturbauwerken zuordnen, aber auch in CAFM und Hochbau wird das Potenzial der BIM-GIS-Kopplung sichtbar.

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 für die Version 3.1 des Leitfadens aktualisierte 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 neunzehn 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 zwölf 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

2015 hat sich das BMVI mit seinem Stufenplan vorgenommen, ab 2020 BIM zum Standard für alle neu zu planenden Bauprojekte im Infrastrukturbereich zu machen. Damit sollte BIM zum Effizienztreiber der Bauindustrie werden. Die fünf Jahre bis dahin sollten als Vorbereitungs- und Übergangsphase genutzt werden.

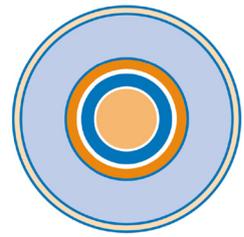
Der Leitfaden Geodäsie und BIM erscheint in der Version 3.1 (2022) zum Ende dieser Übergangsphase und beschreibt den Status quo, aber auch die Chancen aus der Sicht der Geodäsie. Im Rückblick der letzten fünf Jahre, seitdem die 1. Version des Leitfadens erschienen ist, ist viel Aktivität und Innovation 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 Gange.

Mit der Rubrik Handlungsempfehlungen gibt der Leitfaden ganz 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

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; 214

Appelt, Dr.-Ing. Veit: info@apluss.de,
A+S Consult GmbH, Schaufußstraße
19, D-01277, Dresden; 202

Averdung, Dr. Christoph:
averdung@supportgis.de, CPA ReDev
GmbH, Auf dem Seidenberg 3a, D-
53721 Siegburg; 268

B

Banemann, Silvia:

silvia.banemann@gv.hamburg.de,
Landesbetrieb Geoinformation und
Vermessung Hamburg, Neuenfelder
Straße 19, D-21109 Hamburg; 227

Bartnitzek, Dipl.-Math. Jens:
info@apluss.de, A+S Consult GmbH,
Schaufußstraße 19, D-01277,
Dresden; 202, 205

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;
17, 50, 83, 103, 156

Birkenbeul, Anne-Kathrin:
info@conterra.de, con terra –
Gesellschaft für Angewandte
Informationstechnologie mbH, Martin-
Luther-King-Weg 20, D-48155
Münster; 262, 278

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; 17,
50

Borgmann, Jelde: jeb@dhochn.com,
DhochN-Nord Digital Engineering
GmbH, Infanterieweg 9a, D-26129
Oldenburg; 147

Borrmann, Prof. Dr.-Ing. André:
andre.borrmann@tum.de, Leonhard
Obermeyer Center, Technische
Universität München, Arcisstraße 21,
D-80333 München; 38, 115

Braun, Markus: mbraun@moss.de,
M.O.S.S. Computer Grafik Systeme
GmbH, Hohenbrunner Weg 13, D-
82024 Taufkirchen; 275

C

Carstens, Dr. Andreas:
a.carstens@esri.de, Esri Deutschland
GmbH, Ringstraße 7, D-85402
Kranzberg; 193

Clemen, Prof. Dr.-Ing. Christian:
christian.clemen@htw-dresden.de,
HTW Dresden, Fakultät
Geoinformation, Friedrich-List-Platz 1,
D-01069 Dresden; 17, 50, 83, 111,
251, 254

D

Dandl, Oliver: oliver.dandl@leica-
geosystems.com, Leica Geosystems
GmbH Vertrieb, Triebstraße 14, D-
80993 München; 271

de Keijzer, Dipl.-Ing. Stefan:
info@angermeier.de, Angermeier
Ingenieure GmbH, i_park Klingholz 16,
D-97232 Giebelstadt; 141

Debacher, Elke:
elke.debacher@mum.de, Mensch und
Maschine Deutschland GmbH,
Argelsrieder Feld 5, D-82234
Wessling; 279

Donaubauer, Dr. Andreas:
andreas.donaubauer@tum.de,
Leonhard Obermeyer Center,
Technische Universität München,
Arcisstraße 21, D-80333 München; 66,
103, 115, 290

E

Effkemann, Dipl.-Ing. Christoph:
effkemann@phocad.de, Phocad
Ingenieurgesellschaft mbH, Heisterner
Straße 9, D-52379 Langerwehe; 267,
282

Egger, B.Sc. Franziska:
franziska.egger@opb.de, Technische
Universität München / Obermeyer
Planen + Beraten GmbH; 199

Eichhorn, Prof. Dr.-Ing. Andreas:
eichhorn@geod.tu-darmstadt.de, TU
Darmstadt – Institut für Geodäsie,
Franziska-Braun-Str. 7, D-64287
Darmstadt; 14

Ertac, Dr.-Ing. Ozgür: o.ertac@esri.de,
Esri Deutschland GmbH, Ringstraße 7,
D-85402 Kranzberg; 193, 261

Eschenbruch, Prof. Dr. jur. Klaus:
klaus.eschenbruch@kapellmann.de,
RWTH Aachen / Kapellmann und
Partner Rechtsanwälte mbB, Stadttor
1, D-40219 Düsseldorf; 96

F

Freller, Sebastian: info@psu-schaller.de,
Prof. Schaller UmweltConsult GmbH –
PSU, Domagkstraße 1a, D-80807
München; 196

G

Geier, Dipl.-Geoinf. Andreas:
andreas.geier@fh-erfurt.de, FH Erfurt,
Fakultät Landschaftsarchitektur,
Gartenbau und Forst, Leipziger Str. 77,
D-99085 Erfurt; 2

Geßner, Dipl.-Ing. Nils:
nils.gessner@opb.de, Obermeyer
Planen + Beraten GmbH, Hansastraße
40, D-80686 München; 199

Gierlich, Wenzel: wgierlich@cadsys.de,
CADsys GmbH, Carl-von-Bach-Straße
3, D-09116 Chemnitz; 281

Gnädiger, Dr. Johannes: info@psu-
schaller.de, Prof. Schaller
UmweltConsult GmbH – PSU,
Domagkstraße 1a, D-80807 München;
196

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; 218

Görne, M.Eng. Hendrik:
hendrik.goerne@htw-dresden.de, HTW
Dresden, Fakultät Geoinformation,
Friedrich-List-Platz 1, D-01069
Dresden; 251

Göthner, Annette:
annette.goethner@hpc.ag, HPC AG,
Am Stadtweg 8, D-06217 Merseburg;
167

Gruber, Dipl.-Ing. Ulrich:
ulrich.gruber@kreis-re.de, Kreis
Recklinghausen, Fachdienst Kataster
und Geoinformation, Kurt-
Schumacher-Allee 1, D-45657
Recklinghausen; 66, 115

H

Haller, Wolfgang:
wolfgang.haller@munich-airport.de,
Flughafen München GmbH; 214

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; 170, 218

Hellmann, Ralf: ralf.hellmann@faro.com,
FARO Europe GmbH & Co. KG,
Lingwiesenstraße 11/2, D-70825
Korntal-Münchingen; 138

Heuer, Dipl.-Ing. (FH) Dirk:
dirk.heuer@wsv.bund.de,

Wasserstraßen-Neubauamt Berlin,
Sachbereich 2 / Flächenmanagement,
Geodaten, Beweissicherung,
Mehringdamm 129, D-10965 Berlin;
232

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; 238

Hille, Nina: nina.hille@gv.hamburg.de,
Landesbetrieb Geoinformation und
Vermessung Hamburg, Neuenfelder
Straße 19, D-21109 Hamburg; 227

Hochmuth, Dipl.-Ing. Markus:
markus.hochmuth@opb.de,
Obermeyer Planen + Beraten GmbH,
Hansastraße 40, D-80686 München;
199

Huge, M.Sc. Joscha:
joscha.huge@rmkconsult.de, RMK,
Breite Str. 32, D-29221 Celle; 159

Hüttner, Uwe: uwe.huettner@card-
1.com, IB&T Software GmbH, An'n
Slagboom 51, D-22848 Norderstedt;
44

K

Kaden, Prof. Dr.-Ing. Robert:
robert.kaden@fh-erfurt.de, FH Erfurt,
Fakultät Bauingenieurwesen,
Landschaftsarchitektur, Altonaer Str.
25, D-99085 Erfurt; 15, 50, 66, 182

Kaiser, M.Eng. Tim: tim.kaiser@htw-
dresden.de, HTW Dresden, Fakultät
Geoinformation, Friedrich-List-Platz 1,
D-01069 Dresden; 251, 254

Kauer, Dr. Josef: office@robotic-
eyes.com, Robotic Eyes GmbH,
Keramikstraße 4, D-82211 Herrsching;
224

Kemper, Nikolaus:
Nikolaus.Kemper@nlstbv.niedersachs
en.de, Niedersächsische
Landesbehörde für Straßenbau und
Verkehr, Dezernat 15, Geoinformation,

Göttinger Chaussee 76A, D-30453
Hannover; 238

Kirnats, M. Sc. Lev: kirnats@e3d.rwth-
aachen.de, E3D – Institut für
Energieeffizientes Bauen, RWTH
Aachen, Mathieustr. 30, D-52074
Aachen; 285

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; 173

Klöber, Andreas: info@moss.de,
M.O.S.S. Computer Grafik Systeme
GmbH, Hohenbrunner Weg 13, D-
83054 Taufkirchen; 224

Knapp, Sigfrid: Bundesanstalt für
Wasserbau, Kußmaulstraße 17, D-
76187 Karlsruhe; 156

Kolbe, Prof. Dr. rer. nat. Thomas H.:
thomas.kolbe@tum.de, Leonhard
Obermeyer Center, Technische
Universität München, Arcisstraße 21,
D-80333 München; 7, 66

König, Prof. Dr.-Ing. Markus:
koenig@inf.bi.rub.de, Lehrstuhl für
Informatik im Bauwesen, Ruhr-
Universität Bochum, Universitätsstraße
150, D-44780 Bochum; 221

Krause, Dr. Kai-Uwe:
kai-uwe.krause@gv.hamburg.de,
Leitstelle XPlanung / XBau,
Landesbetrieb Geoinformation und
Vermessung, Neuenfelder Straße 19,
D-21109 Hamburg; 115, 221

Kretschmann, Felix:
felix.kretschmann@apluss.de, A+S
Consult GmbH, Schaufußstraße 19, D-
01277, Dresden; 270

Küßner, Dipl.-Ing. Matthias:
Generaldirektion Wasserstraßen und
Schifffahrt, Am Waterlooplatz 5, D-
30169 Hannover; 135

Küting, Ulrich:
Ulrich.Kueting@strassen.nrw.de,
Landesbetrieb Straßenbau NRW,

Abteilung Vermessung, Postfach
101526, D-44715 Bochum; 238

Kutter, Frank: frank.kutter@asseco-berit.de, Asseco BERIT GmbH,
Mundenheimer Str. 55, D-68219
Mannheim; 274

Kutterer, Prof. Dr.-Ing. Hansjörg:
hansjoerg.kutterer@kit.edu, Karlsruher
Institut für Technologie (KIT),
Geodätisches Institut, Engler Straße 7,
D-76131 Karlsruhe; 5

Kutzner, Dr. Tatjana: kutzner@tum.de,
Technische Universität München,
Lehrstuhl für Geoinformatik,
Arcisstraße 21, D-80333 München;
115

L

Lämmel, Ines: ilaemmel@nti.biz,
CADsys GmbH, Carl-von-Bach-Straße
3, D-09116 Chemnitz; 167

Leipold, Carolin: cleipold@cadsys.de,
CADsys GmbH, Carl-von-Bach-Straße
3, D-09116 Chemnitz; 258, 286

Löw, Sebastian:
sloew@computerworks.de,
ComputerWorks GmbH,
Schwarzwaldstraße 67, D-79539
Lörrach; 264

M

Matthias, Ekkehard:
ekkehard.matthias@gv.hamburg.de,
Landesbetrieb Geoinformation und
Vermessung Hamburg, Neuenfelder
Straße 19, D-21109 Hamburg; 227

Meier, M.Eng. Sören:
soeren.meier@htw-dresden.de, HTW
Dresden, Fakultät Geoinformation,
Friedrich-List-Platz 1, D-01069
Dresden; 251

Messmer, Beatrice:
Beatrice.Messmer@e-messmer.de,
Vermessungsbüro Dipl.Ing.
E.Messmer, Bahnhofstraße 6, D-71409
Schwaikheim; 246

Mörtel, Helmut: HMoertel@Max-Boegl.de, Max Bögl Stiftung & Co KG;
164

O

Otto-Hahn, Markus: otto-hahn@hhk.de,
HHK Datentechnik GmbH, Hamburger
Straße 277, D-38114 Braunschweig;
273

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; 170

Pläß, Bastian: bastian.plass@hs-mainz.de; i3mainz – Institut für
Raumbezogene Informations- und
Messtechnik, Hochschule Mainz, Lucy-
Hillebrand-Straße 2, D-55128 Mainz;
173

Poppe, Isabelle:
isabelle.poppe@ipsyscon.de,
IPSYSCON GmbH, Tiestestraße 16-18,
D-30171 Hannover; 265

Pöschl, Angelika:
angelika.poeschl@aed-synergis.de,
AED-SYNERGIS GmbH, Gustav-
Struve-Allee 1, D-68753 Waghäusel;
211

Poßner, M. Eng. Pascal:
pascal.possner@fh-erfurt.de, FH
Erfurt, Fakultät Bauingenieurwesen,
Landschaftsarchitektur, Altonaer Str.
25, D-99085 Erfurt; 111

R

Rabels, Malte: malte.rabels@aed-synergis.de, AED-SYNERGIS GmbH,
Gustav-Struve-Allee 1, D-68753
Waghäusel; 211

Rau, Linda: Linda.Rau@hs-rm.de,
Hochschule RheinMain, Postfach
3251, D-65022 Wiesbaden; 162

Reifenhäuser, Michael:
michael.reifenhaeuser@deutschebahn.

com, DB Netz AG -Zentrale-,
Bestandsdatenmanagement,
Fachstelle Gleis- und Bauvermessung,
Adam-Riese-Straße 11-13, D-60327
Frankfurt am Main; 179

Reith, Leon: info@psu-schaller.de, Prof.
Schaller UmweltConsult GmbH – PSU,
Domagkstraße 1a, D-80807 München;
196

Reuters, B.Eng. Marius: vertrieb@card-
1.com, IB&T Software GmbH, An'n
Slagboom 51, D-22848, Norderstedt;
189, 208, 263

Riemenschneider, Dipl.-Ing. (FH)
Andreas:
andreas@riemenschneider.net,
Vermessungsbüro Riemenschneider,
Hauptstraße 149, D-63110 Rodgau;
132

Romanschek, M.Eng. Enrico:
enrico.romanschek@htw-dresden.de,
HTW Dresden, Fakultät
Geoinformation, Friedrich-List-Platz 1,
D-01069 Dresden; 254

Rose, Dr. Andreas: rose@grit.de, grit –
graphische Informationstechnik
Beratungsgesellschaft mbH,
Landwehrstraße 143, D-59368 Werne;
103

Rupp, Dipl.-Geogr. Andreas:
info@angermeier.de, Angermeier
Ingenieure GmbH, i_park Klingholz 16,
D-97232 Giebelstadt; 141

Rust, Christian:
christian.rust@navvis.com, NavVis
GmbH, Blütenburgstraße 18, D-80636
München; 266

S

Saeger, Harald: harald.saeger@leica-
geosystems.com, Leica Geosystems
GmbH Vertrieb, Triebstraße 14, D-
80993 München; 150

Sattes, Benjamin: benjamin.sattes@zm-
3dwelt.de, Zimmermann & Meixner 3D
Welt GmbH, Fohlenweide 41, D-88279
Amtzell; 211, 284

Schaller, Prof. Dr. Jörg: j.schaller@psu-
schaller.de, Prof. Schaller
UmweltConsult GmbH – PSU,
Domagkstraße 1a, D-80807 München;
196

Schaper, M.Sc. Jan:
jan.schaper@wsv.bund.de,
Neubauamt für den Ausbau des
Mittellandkanals in Hannover,
Nikolaistraße 14/16, D-30159
Hannover; 135

Schlüter, Martin:
martin.schlueter@hs-mainz.de,
i3mainz – Fachbereich Technik –
Geoinformatik & Vermessung, Lucy-
Hillebrand-Straße 2, D-55128 Mainz;
162

Schmaus, Natalie:
natalie.schmaus@reif-bau.de, REIF
Bauunternehmung GmbH & Co. KG,
Hohlohstraße 9, D-76437 Rastatt; 186

Schmidt, Alexander: support.geomax@g-
nestle.de, Gottlieb NESTLE GmbH,
Freudenstädter Straße 37-43, D-72280
Dornstetten; 269

Schmidt, Sara: sschmidt@cadsys.de,
CADsys GmbH, Carl-von-Bach-Straße
3, D-09116 Chemnitz; 259, 260

Schock, Thomas: thomas.schock@leica-
geosystems.com, Leica Geosystems
GmbH Vertrieb, Triebstraße 14, D-
80993 München; 150

Schröder, M.Eng. Marcus:
marcus.schroeder@htw-dresden.de,
HTW Dresden, Fakultät
Geoinformation, Friedrich-List-Platz 1,
D-01069 Dresden; 251, 254

Seitle, Markus: markus.seitle@munich-
airport.de, Flughafen München GmbH,
Nordallee 25, D-85356 München-
Flughafen; 214

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; 14, 15, 66, 290

Siegrist, Dr.-Ing. Silvan:
silvan.siegrist@lumoview.com,
Lumoview Building Analytics GmbH,
Eichendorffstraße 49, D-50825 Köln;
287

T

Theiler, M.Sc. Michael:
michael.theiler@planen-bauen40.de,
planen-bauen 4.0 GmbH,
Geneststraße 5 / Aufgang A, D-10829
Berlin; 221

Tilger, Dr. rer. nat. Klaus:
info@apluss.de, A+S Consult GmbH,
Schaufußstraße 19, D-01277,
Dresden; 205

Trometer, Stefan:
strometer@vc.systems, Virtual City
Systems GmbH, Tauentzienstraße
7b/c, D-10789 Berlin; 283

Tschickhardt, Thomas:
thomas.tschickardt@wf.bam.com,
Wayss & Freytag Ingenieurbau AG,
Eschborner Landstraße 130-132, D-
60489 Frankfurt am Main; 176

Tulke, Dr. Jan: jan.tulke@planen-
bauen40.de, planen-bauen 4.0 GmbH,
Geneststraße 5 / Aufgang A, D-10829
Berlin; 221

V

Völter, Ulrich: gf@intermetric.de,
intermetric GmbH Stuttgart,

Industriestraße 24, D-70565 Stuttgart;
153

W

Wieder, Robert: robert.wieder@aurelis-
real-estate.de, Asset & Property
Management – Aurelis Real Estate
Service GmbH, Schloßschmidstraße 5,
D-80369 München; 211

Willkomm, Philipp: info@moss.de,
M.O.S.S. Computer Grafik Systeme
GmbH, Hohenbrunner Weg 13, D-
83054 Taufkirchen; 224

Wunderlich, em. Prof. Dr.-Ing. habil.
Thomas: th.wunderlich@tum.de,
Lehrstuhl für Geodäsie, Technische
Universität München, Arcisstraße 21,
D-80333 München; 179

Wunderlich, Prof. Dr.-Ing.habil. Thomas:
th.wunderlich@tum.de, Lehrstuhl für
Geodäsie, Technische Universität
München, Arcisstraße 21, D-80333
München; 83

Wuttke, M. Sc. Oliver:
oliver.wuttke@wuttke-ingenieure.de,
Wuttke Ingenieure GmbH, Markt 5, D-
09111 Chemnitz; 288

Z

Zschiesche, Kira: kira.zschiesche@hs-
mainz.de, i3mainz – Fachbereich
Technik – Geoinformatik &
Vermessung, Lucy-Hillebrand-Straße
2, D-55128 Mainz; 162

