

Geodesy goes BIM

Geodesy Goes BIM

Christian Clemen, Robert Ehrich

Die Methode des Building Information Modeling (BIM) gewinnt im Bauwesen zunehmend an Bedeutung. Das zeichnungsorientierte CAD hat Konkurrenz bekommen. Viele Vermessungsbüros haben diese Entwicklung aufgegriffen und bieten Produkte und Dienstleistungen an, die sich an der BIM-Methode orientieren. In diesem Beitrag werden wesentliche Grundlagen von BIM aus spezifisch geodätischer Sicht betrachtet: Wie kann das Leistungsbild „Gebäudebestandsdokumentation“ durch BIM erweitert werden? Wie können Vermessungsdaten in BIM-Software genutzt werden? In welcher Weise unterscheiden sich die Datenmodelle zwischen BIM und zeichnungsorientiertem CAD?

Der folgende Beitrag ist zweigeteilt. Zunächst werden die allgemeinen Ansätze der BIM-Methode aus vermessungstechnischer Sicht interpretiert. Dabei werden die Unterschiede zur gewohnten CAD-Methodik unter den Aspekten der semantischen und räumlichen Modellierung untersucht sowie das Projektmanagement herausgestellt. Im zweiten Teil wird der Datenfluss zwischen BIM und den Erfassungsmethoden Sekundärdatenerfassung, Handaufmaß und Tachymetrie untersucht. Die besondere Bedeutung des Laserscannings wird begründet und eine mögliche Auswertestrategie vorgestellt.

Schlüsselwörter: BIM, CAD, Bestandsdokumentation, 3D-Modelle, Semantische Modelle, Laserscanning

The method of Building Information Modeling (BIM) becomes increasingly important for civil engineering projects. BIM competes with drawing-based CAD. Surveying engineers have recognized this trend and now offer products and services for as-build documentation using the BIM-method. This article describes the concept of BIM from an engineering surveyor's point of view. Which new services can be offered with BIM? How to fit in surveying data to BIM? Which data modeling concepts are used for CAD and BIM?

The article has two major sections. In a first step the general approaches of the BIM method are considered from an engineering surveyor's point of view. The essay compares BIM and common CAD, focusing on the aspects of semantic modeling, geometric modeling and project management. In the second section studies on information flow from data acquisition to BIM are presented, considering manual measurements and total stations and existing CAD files and images. Special emphasis is given on Terrestrial Laserscanning (TLS) by describing how laser scan data are prepared for BIM.

Keywords: BIM, CAD, as-build documentation, 3D-models, semantic models, laser scanning

1 EINLEITUNG

Building Information Modeling (BIM) ist nicht nur Modethema für Architektur, Bauwesen und Betriebswirtschaft. BIM bietet dem Berufsstand „Vermessungsingenieur“ eine Möglichkeit, mehr als nur Koordinatenlieferant zu sein. In der HOAI 2013 wird der Begriff BIM erstmals als besondere Leistung im Leistungsbild „Gebäude- und Innenräume“ erwähnt und kann somit als „Stand der Technik“ angesehen werden. In der beruflichen Aus- und Weiterbildung von Vermessungsingenieuren muss auf diese Entwicklung noch reagiert werden.

Der Wert der BIM-Methode ist projektabhängig. Der Aufbau eines BIM kann nur dann sinnvoll sein, wenn eine dauerhafte Bewirtschaftung der Gebäude auf einer zentralen Datenbasis geplant und bezahlbar ist. Für Anwendungsgebiete wie Archäologie oder Denkmalpflege, die vor allem eine detaillierte und verformungstreu Visualisierung erwarten, wird CAD auch weiterhin das dominierende Werkzeug zur grafischen Bestandsdokumentation bleiben.

Dieser Beitrag nähert sich BIM aus der Sicht des Vermessungsingenieurs, der mit einer Bestandsdokumentation betraut wird. Mindestens genauso aufschlussreich ist ein Vergleich der Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen BIM und Geoinformationssystemen (GIS) /Borrmann 2013/ und /Mekawy 2012/. Ebenfalls nicht Gegenstand der Untersuchung ist die wichtige Frage der Standardisierung. Das herstellerunabhängige Datenmodell zum Austausch von BIM-Daten sind die Industry Foundation Classes (IFC) /BuildingSMART 2014/.

Die empirische Grundlage für diesen Beitrag bildet ein mit Studierenden der HTW Dresden durchgeführtes Forschungsprojekt, das die Bestandsdokumentation eines Werksgeländes der Beiersdorf Manufacturing Berlin GmbH in Berlin-Charlottenburg zum Inhalt hat. Das erstellte Modell umfasst mehrere Gebäude und das Außengelände. Die Wahl der hier beispielhaft beschriebenen Software – vor allem die BIM-Software Revit der Firma Autodesk – ergibt sich durch deren Einsatz in den Lehrveranstaltungen. Es wurde keine vergleichende Studie zwischen verschiedenen Softwareprodukten durchgeführt.

2 DIE BIM-METHODE

BIM ist eine Methode, keine Software /Liebich 2011/. Es stellt sich grundsätzlich die Frage, wie sich diese neuartige Methode auf das vermessungstechnische Leistungsbild „Gebäudebestandsdokumentation“ auswirkt. Eine digitale Gebäudebestandsdokumentation liefert technisch zuverlässige und aktuelle Information über ein gebautes und zu bewirtschaftendes Gebäude. Diese Information ist die Grundlage für betriebswirtschaftliche und bautechnische Entscheidungsprozesse und stellt damit einen hohen Wert dar. In der regulären Praxis liegt der grafische Teil der Bestandsdokumentation in einer Vielzahl von layerstrukturierten CAD-Dateien vor (mehrere Modelle, Grundrisse, Schnitte und Ansichten). Der alphanumerische Teil (Raumbuch, Kostenstellen, Terminplan) wird meist mit Tabellen verwaltet.

Die Abbildung von Versionen, Varianten und Bearbeitungszuständen ist mit diesem dateibasierten Ansatz nur über Umwege zu erreichen. Die automationsgerechte Integration der grafischen und alphanumerischen Daten in Geschäftsprozesse (Umbaumaßnahmen, Ausschreibungsmanagement) ist ebenfalls nur indirekt möglich, weil die zeichnungsorientierte CAD-Modellierung dafür eher ungeeignet ist.

Die BIM-Methode unterscheidet sich – aus Sicht der Autoren – von der Arbeit mit CAD in drei wesentlichen Aspekten: Projektmanagement, semantische Modellierung und räumliche Modellierung.

2.1 Projekt-Management

Die BIM-Methode sorgt im Idealfall dafür, dass alle berechtigten Personen und beteiligten Gewerke über den gesamten Projektzyklus von Planung, Bau, Bewirtschaftung bis zum Abriss des Gebäudes mit einer einzigen, zentralen Modellinstanz (z. B. Datenbank) arbeiten.

Die Modellinstanz bildet die Datenbasis für abgeleitete Produkte; diese sind datentechnisch gesehen eine Sicht (engl. view) auf den jeweils aktuellen Zustand des Modells. Eine BIM-Software erzeugt „auf Knopfdruck“

- grafische Daten (Grundrisse, Schnitte, Raumabwicklungen und Ansichten),

- alphanumerische Daten (Raumbuch, Stücklisten, Rechnungspositionen) oder
- spezialisierte Ausgaben für Berechnungsprogramme (Statik, Bauphysik) /Both 2013/.

Umgekehrt fließen alle Änderungen am Gebäudemodell aufgrund von Vermessung oder Planung unmittelbar in die zentrale Modellinstanz ein.

Dieser Idealfall der reibungslosen (Daten-)Kommunikation ist in der beruflichen Wirklichkeit so nicht zu erreichen, weil sich die fachliche Sicht auf ein Gebäude stark unterscheidet und mit dieser fachlichen Diversität eine Vielzahl von Anwendungsprogrammen einhergeht, deren „codiertes Fachwissen“ niemals in einem universellen Datenmodell abgebildet werden kann oder soll.

Die rasante Entwicklung auf dem Gebiet darf aber nicht unterschätzt werden: Hersteller von Fertigbauteilen, Fenstern und Klimaanlagen haben den Marktvorteil erkannt, wenn sie eine BIM-konforme Beschreibung ihrer Produkte für ein zentrales Projektmanagement zur Verfügung stellen können.

2.2 Semantische Modellierung

Das Datenmodell eines BIM ist objektorientiert. Der übergeordnete Rahmen der Objektstrukturierung ist das Bauteil, nicht die Geometrie der Zeichnungselemente oder eine Layerstruktur. Jede Bauteilinstanz (Exemplar) ist einer Klasse von Bauteiltypen zugeordnet und kann mit anderen Bauteilen assoziiert werden. Der offene BIM-Standard IFC spezifiziert ein objektorientiertes Informationsmodell für die Beschreibung eines Gebäudes /IFC 2014/: Bauelemente wie Wand (IfcWall), Dach (IfcRoof) und Tür (IfcDoor) sind von einer allgemeinen Bauteilklasse (IfcBuildingElement) abgeleitet. Die Form (IfcShapeRepresentation) kann mit den IFC mit einer Vielzahl von Modelltypen (Abb. 3) vorgenommen werden. Für verschiedene Gewerke (Facility Management, Elektrik, Statik etc.) sind eigene Domänen spezifiziert. Die Klassen dieser spezialisierten Domänen erweitern und verwenden die Basiselemente (Shared Building Elements) des allgemeinen Teils.

Auch die kommerzielle BIM-Software AutoDesk Revit gliedert Bauelemente in Bauteilklassen. Das Modell unterscheidet sich vom IFC-Standard. Zum Beispiel werden alle Bauteile in der Spezialisierungsbeziehung Kategorie → Familie → Typ beschrieben (Abb. 1):

Die erste Spezialisierungsebene eines Bauteils ist die „Kategorie“. Hier werden die Funktion (Wand, Stütze, Fenster) der Objektklasse im Gebäudemodell, Visualisierungsmöglichkeiten und Assoziativität (Stütze verläuft zwischen Geschossebenen) zu anderen Objektklassen angegeben.

In der zweiten Spezialisierungsebene „Familie“ wird der Parametersatz (Länge, Breite-1, Breite-2, Höhe, Radius) im Sinne einer Konstruktionsvorlage festgelegt. Die Beziehungen zu anderen Objektklassen werden genau spezifiziert.

In der dritten Spezialisierungsebene „Typ“ werden einigen Parametern vordefinierte Werte zugeordnet. Die Werte beziehen sich auf Maße (rechteckige Stütze, 450 mm x 600 mm) und Materialien (Beton). Andere Parameter (z. B. Höhe) bleiben variabel und werden für jedes Exemplar einzeln spezifiziert.

Neben den Modellelementen werden Objektklassen für Ansichten und Bezugselemente spezifiziert (Abb. 2).

Aus geodätischer Sicht spielt die Klasse der Bezugselemente – das sind Bauachsen, Raster oder Bezugsebenen – eine besondere Rolle,

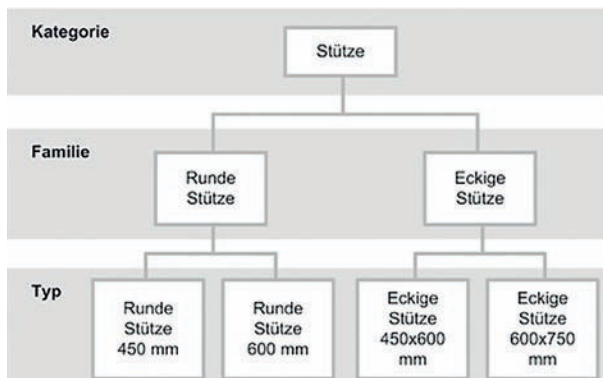


Abb. 1 | Beispielhafte Spezialisierungsbeziehung der Kategorie „Stütze“ in Autodesk Revit

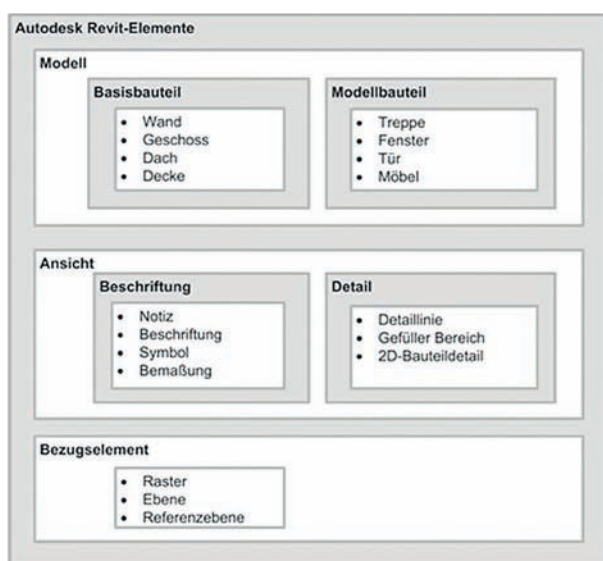


Abb. 2 | Zeichnungselemente werden in die Klassen Modell, Ansicht und Bezugselement gegliedert.

weil sie den geometrischen Ordnungsrahmen für das Gebäudemodell bilden. Eine dritte Klasse bilden in Autodesk Revit die Ansichtselemente. Maße, Maßketten und Höhenkoten sind, wie das auch in modernen CAD möglich ist, mit dem Modell verknüpft und werden bei Änderungen der Bauteilgeometrie automatisch aktualisiert.

2.3 Räumliche Modellierung

Die „am Bau“ beteiligten Disziplinen haben eine Vielzahl von unterschiedlichen mathematischen Methoden entwickelt, um Volumenkörper zu beschreiben. Grundsätzlich unterscheidet man akkumulative und generative Modelle.

Die Gruppe der akkumulativen Modelltypen (Randflächenbegrenzung, Zellmodelle) stellt den Endzustand des 3D-Modells ohne Konstruktionsvorschrift (vgl. generative Modelle) dar. Die Informationsmittel (Körper, Fläche, Kante, Punkt bzw. Rasterkoordinate) können direkt genutzt werden /Pahl 1990/. Aus vermessungstechnischer Sicht ist dieser Modelltyp sehr geeignet, weil Koordinaten stets das Ergebnis von klassischen Vermessungsverfahren (Tachymetrie, Photogramme-

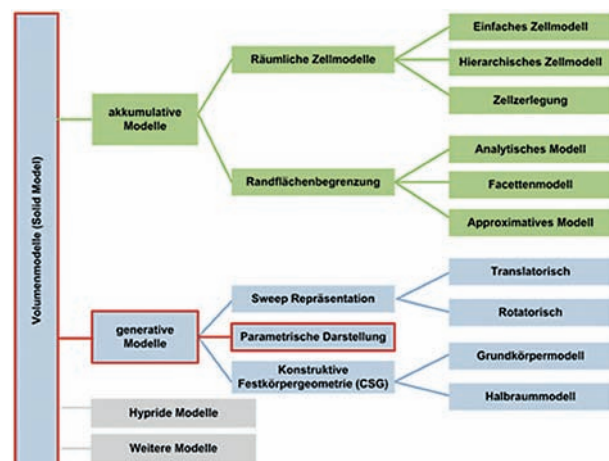


Abb. 3 | Volumenmodelle nach /Streilein 1999, Seite 65/. Die Parametrische Modellierung gehört zur Gruppe der generativen Volumenmodelle.

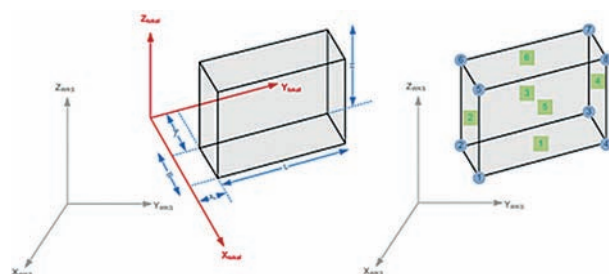


Abb. 4 | Darstellung des gleichen Volumenkörpers mit Parametrischer Darstellung und Randflächenbegrenzungsmodell (B-Rep)

trie, Laserscanning) sind. Ein direkter Vergleich zwischen Vermessungsergebnis und Modellkoordinaten ist bei akkumulativen Volumenmodellen einfach möglich.

Die Gruppe der generativen Volumenmodelle (Sweep, CSG, parametrische Darstellung) speichert geometrische Primitive und deren Verknüpfungen, nicht das Ergebnis der Modellierung. Die Konstruktionshistorie ist unverzichtbarer Bestandteil des Modells /Pahl 1990/. Beim architektonischen Entwurf ist es zum Beispiel sinnvoll, das Gebäude als strukturierte Menge von Teilkörpern (konstruktive Festkörpergeometrie, engl. constructive solid geometry) zu betrachten. Die Tragwerksplanung bemisst die Dimension einzelner Bauteile und stellt deren Zusammenhang dar – eine Denkweise, die in einer parametrischen Modellierung gut auszudrücken ist.

BIM-Software verwendet für die dreidimensionale Modellierung in der Regel bauteilorientierte Volumenkörper in einer parametrisierten Darstellung: Für jedes Bauteil werden Lage und Ausrichtung bezüglich des Gebäudekoordinatensystems oder bezogen auf Bauachsen bzw. vertikale Ebenen spezifiziert. Das Bauteil selbst wird mit einer „a priori“ definierten Menge von Parametern beschrieben. Im einfachsten Fall sind die Parameter einer Wand (Abb. 4): Bezugssystem ($X_{\text{lokal}}, Y_{\text{lokal}}, Z_{\text{lokal}}$), Abstand zu den Bezugsachsen (a_x, a_y), Länge (L), Breite (B) und Höhe (H).

Die parametrische Darstellung von Volumenkörpern steht im Gegensatz zur zeichnungsorientierten Konstruktion mit CAD und auch im Gegensatz zu semantischen Stadtmodellen (CityGML). Hier werden in der Regel Randflächenbegrenzungsmodelle (Abb. 4) verwendet. Die

Transformation zwischen den unterschiedlichen Ansätzen wird zum Teil von Software unterstützt, ist aber auch noch Gegenstand der Forschung /Nagel 2009/.

Eine andere Form der Volumenmodellierung würde der BIM-Methode nicht unbedingt widersprechen – auch die IFC bieten eine Vielzahl unterschiedlicher Darstellungsformen von Volumenmodellen – aber die parametrische Darstellung der Bauteile wird eng mit dem Begriff „BIM“ verknüpft /Eastman 2011/.

3 VERMESSUNG UND BIM

BIM bedeutet für den Vermessungsingenieur mehr Arbeit. Aber das Werk – oder besser die Dienstleistung – hat einen höheren Wert. Die Konstruktion und Laufendhaltung des Modells aus Sekundärdaten und Vermessung ist ein komplexer und zeitaufwendiger Vorgang. Der Mehrwert entsteht dadurch, dass die aus dem Modell abgeleiteten Produkte (Grundrisse, Schnitte, Brandschutzpläne, statische und bauphysikalische Berechnungen, Umzugsplanung) automatisiert auf Basis aktueller Daten erzeugt werden können.

3.1 Sekundärdatenerfassung

Schon bei der Angebotserstellung zur Gebäudebestandsdokumentation müssen der Umfang und die Qualität der vorhandenen Unterlagen geprüft werden. In der Regel liegen neben den analogen Plänen, Skizzen durchgeführter Baumaßnahmen und Tabellen mit Raumbezeichnungen auch 2D-CAD-Dateien vor. Die vorliegenden Daten werden geprüft und gegebenenfalls so aufbereitet, dass sie einer BIM-Software zugeführt werden können. Die Aufbereitung erfolgt im besten Fall semiautomatisch – im schlechtesten Fall durch manuelle, bauzeichnerische Bearbeitung der CAD-Dateien.

Neben der Aktualität und dem geometrischen Bezugssystem müssen die vorhandenen CAD-Dateien auf geometrische, topologische und inhaltliche Qualität geprüft werden: Liegen Polygone exakt in einer Ebene? Sind die Raum- und Mauerwerkspolygone geschlossen? Werden Rohdeckenhöhe, lichte Deckenhöhe oder Brüstungsmaße angegeben? Sind Unterzüge, Treppen oder nichttragende Wände dargestellt? Kann der Fenster- und Türentyp aus der Zeichnung abgeleitet werden? Ist die Versorgungstechnik dargestellt?

Ein wichtiger Zwischenschritt ist die semantische Transformation der CAD-Layerstruktur in die bauteilorientierte Denkweise eines BIM /Opic 2013/. Neben einer sinnvollen Benennung der CAD-Layer ist die einheitliche Struktur der Layer im gesamten Planwerk des Bauwerkes inklusive des Außenbereichs zu prüfen bzw. herzustellen.

Beim Import der bereinigten CAD-Dateien in eine BIM-Software mit dem Ziel, Bauteilobjekte zu erzeugen und zu platzieren, sind einige grundlegende Dinge zu beachten:

- CAD-Import:
 - Horizontale Geschossebenen sind vor dem CAD-Import anzulegen.
 - Die CAD-Layer sind für die Bauteilkonstruktion vorbereitet.
 - Das Koordinatensystem der einzufügenden Zeichnungsdatei wird sorgfältig gewählt. Liegen die Daten in einem geodätischen

Raumbezug vor, werden diese auf den Maßstab 1:1 transformiert und ein BIM-geeigneter Koordinatenoffset angebracht.

- Konstruktion aus den Grundrisszeichnungen:
 - Anhand der CAD-Zeichnungselemente werden Bauachsen/Raster angelegt.
 - Wände werden konstruiert und topologisch mit den Bauachsen verknüpft, Wandöffnungen werden eingefügt.
 - Fenster- und Türentypen werden gewählt und die Objekte anhand der Zeichnung oder Bemaßung platziert.
- Durch Vermessung oder Sekundärdaten können Dachform, -überstand und -neigung bestimmt und in der BIM-Software konstruiert werden.
- Das digitale Geländemodell des Außenbereichs kann in Form von Höhenkoten, Dreiecksmaschen oder Höhenlinien in das BIM-Modell importiert und dort bearbeitet (Vermaschung, Bruchkannten, Inring) werden.

Vorhandene CAD-Detailzeichnungen können neben dem Zweck der Bauteilkonstruktion auch für reine Visualisierungszwecke im Gebäudemodell referenziert und lokalisiert werden. Für die Visualisierung sind CAD-Volumenmodelle besser geeignet als Flächen- oder Drahtmodelle, weil die Visualisierungsmethoden von BIM-Software (Rendern, Animation, Schnitte etc.) ebenfalls volumenbasiert sind.

3.2 Handaufmaß und Tachymetrie

Einfache Methoden der Abstandsmessung mit Laser oder Zollstock werden beim Aufmaß für das Facility Management (FM) sehr häufig eingesetzt, weil sie preiswert sind. Unter der geometrischen Voraussetzung, dass die Gebäudeseiten und Wände größtenteils rechtwinklig zueinander stehen, die Raumpolygone also rechtwinklig oder trapezförmig sind, ist ein Handaufmaß das geeignete Mittel, insbesondere wenn das Gebäudemodell auch mit einem gewissen Abstraktionsgrad modelliert werden soll. Für die Anwendungsdomäne Facility Management ist – unserer Erfahrung nach – eine idealgeometrische Abstraktion bis zu Modellabweichungen von 2–3 cm zwischen zwei Raumseiten akzeptabel. Der Grad der Genauigkeit und Detaillierung muss unbedingt Gegenstand der Ausschreibung beziehungsweise des Angebots einer Vermessung sein.

Die Abstandsmessung des Handaufmaßes kann bei der parametrischen Modellierung (s. o.) direkt als Parameterwert eingegeben werden. Besonders geeignet ist das Handaufmaß für Beobachtungstypen wie „Abstand zwischen zwei parallelen Wänden“, Raumhöhe, Mauerstärke (wenn sichtbar) oder als Messung im Treppenhaus zwischen den Fußbodenoberkanten zweier Stockwerke.

Bei der zeichnerischen Konstruktion mit CAD/BIM-Software werden die einzelnen Messwerte im Sinne einer Vermessung zusammengefügt. Dabei werden bei der Auswertung von Streckenmessungen in der Regel drei Arbeitsschritte gleichzeitig durchgeführt:

1. Spezifikation von Bauteilbeziehungen (Topologie):
 - Indirekte Topologie über Bezugselemente (Wand parallel zu Achse),
 - direkte topologische Beziehungen (Wand berührt Wand).

2. Bezug der Einzelmessung zum Gebäudekoordinatensystem (globale Geometrie) und zwischen Bauteilen (relative Geometrie) sowie Bauteilmaße:
 - Sequentiell,
 - hierarchisch,
 - ausgleichungsbasiert.
3. Festlegung der fachlichen Bedeutung der grafischen Objekte (Semantik), d. h. festlegen von Familie und Typ, wodurch die Art und Anzahl der variablen Parameter spezifiziert werden.

Bei der Konstruktion eines Gebäudes nach der BIM-Methode wird stets eine explizite Spezifikation topologischer Beziehungen vorgenommen. Diese Beziehungen ergeben sich zum Beispiel durch das „Verlängern“ und automatisierte „Vereinigen“ zweier Wände. Sobald das System die topologische Beziehung „Wand-#123 schließt an Wand-#456“ erkannt hat, bleibt diese Beziehung gegenüber geometrischen Veränderungen invariant. Die topologische Beziehung kann direkt zwischen Bauteilen und indirekt über Bezugselemente (siehe hierarchische Konstruktion) hergestellt werden.

Mit den „klassischen“, linienbezogenen CAD-Werkzeugen Verschieben, Drehen, Kopieren, Dehnen, Stutzen wird die virtuelle Konstruktion sequentiell durchgeführt. Bei der sequentiellen Konstruktion durch fortlaufendes Aneinanderhängen von gemessenen Abständen addieren sich die Messunsicherheiten und -abweichungen zu signifikanten Widersprüchen im Gesamtmodell /Gründig 2005/. Die Aufklärung der Widersprüche (Raumpolygon ist nicht geschlossen, Gebäudeumringspolygon widerspricht dem Innenraummaß) muss manuell – auf Basis subjektiver Entscheidungen des Bauzeichners – beseitigt werden. Mit einer hierarchischen Konstruktion wird die Auswirkung von Messabweichungen auf das Gesamtmodell gering gehalten. Nach dem Grundsatz „vom Großen ins Kleine“ versteht der Geodät die hierarchische Konstruktion im Sinne einer Netzverdichtung, die als Ergebnis ein möglichst spannungsfreies Punktfeld für die Objektaufnahme liefert. Das Bauwesen hat eine andere Sicht: Den hierarchischen Ordnungsrahmen bilden Bauachsen, Raster (Lage) und Bezugsebenen (Höhe). In BIM-Software wird die geometrische Lage der Bauelemente durch eine explizite Bindung an „Bezugselemente“ spezifiziert. Deshalb sind diese „Bezugselemente“ auf jeden Fall Bestandteil einer Gebäudebestandsdokumentation, die für die BIM-Methode unternommen wird.

Ausgleichungsbasierte Auswertemethoden mit den Beobachtungstypen der Tachymetrie und des Handaufmaßes sowie idealgeometrischen Hypothesen über Parallelität und Orthogonalität können mit vermessungstechnischer Spezialsoftware durchgeführt werden. In der Praxis beschränkt sich der Einsatz der Ausgleichsrechnung fast immer auf die Grundlagenvermessung zur Herstellung des Festpunktfelds oder bezieht sich auf eine begrenzte Anzahl von Parametern des CAD/BIM-Modells. Eine vollständig ausgleichsbasierte Auswertung, die alle geometrischen Parameter des Gebäudemodells aus Beobachtungen und Bedingungen berechnet (schätzt), ist Gegenstand der Forschung /Thurow 2004/ und /Clemen 2010/. Mit ausgleichungsbasierten Modellen kann das manuelle Verteilen von Widersprüchen zwischen Modellgeometrie und Messwerten objektiviert werden. Der Arbeitsprozess der CAD/BIM-Konstruktion kann dadurch automatisiert und qualitätsgesichert werden /Clemen 2010/.

Die Zuordnung einer fachlichen Bedeutung (Semantik) zu grafischen Objekten erfolgt in Standard-CAD durch Layer oder seltener durch Attribute. Eine fehlerhafte Zuordnung des Zeichnungselements zu einem Layer bleibt häufig unentdeckt, weil die korrekte Zuordnung nicht durch das Datenmodell impliziert wird. Bei Modellen der BIM-Methode ist jedes Objekt semantisch strukturiert. Das hat den Vorteil, dass die geometrisch-semantische Kohärenz /Stadler 2007/ geprüft werden kann (liegt Fenster #17 in einer Wand?). Die BIM-Semantik muss dann allerdings auch direkt beim Aufmaß erfasst werden, damit die Einzelmessung den Bauteilobjekten zugeordnet werden kann.

Der Datenfluss zwischen einer tachymetrischen Aufnahme und einer BIM-Software ist zum jetzigen Stand der Technik nicht ohne Umwege möglich. In BIM-Software gibt es keine Instrumentenbindung mit serieller Schnittstelle oder einen dateibasierten Austausch von Vermessungsdaten. Die Auswertung (inklusive Stationierung, Vorwärtsschnitt, Dokumentation der Abschlusskontrolle etc.) wird daher in einem vermessungstechnischen CAD-System oder mit der Gerätesoftware durchgeführt. Einige Softwarehersteller bieten spezielle Schnittstellen und Produkte für Aufgaben der Absteckung an (Autodesk Point Layout, Tekla Structure). Der Informationsaustausch zwischen Vermessungsinstrument und BIM-Software erfolgt wie bei der codierten Polaraufnahmen mithilfe von Koordinatenwerten und Punktcodes beziehungsweise einfachen DXF-Dateien. Dabei ist die Software in der Lage, die Ist-Werte der gemessenen Punktkoordinaten mit den aus der parametrischen Modellierung abgeleiteten Koordinaten zu vergleichen und Widersprüche aufzudecken.

3.3 Laserscanning

Die Erfassungsmethode „Laserscanning“ spielt in der BIM-Welt eine zunehmende Rolle /Talend 2012/. Bei der Datenerfassung ist das Laserscanning besonders flexibel. Inhalt und Detaillierungsgrad des BIM-Modells können – auf Basis einmal gemessener Scans – bedarfsgerecht variiert werden und sind darüber hinaus geometrisch exakt. Der Prozess vom Laserscan zum Bauteilmodell wird im Folgenden anhand einer bei Beiersdorf Manufacturing Berlin GmbH durchgeführten Diplomarbeit /Ehrich 2013/ erläutert. Die im Folgenden beschriebene Methode verwendet die detaillierte und exakte Geometrie der Laserscandaten, ohne dass eine große Punktwolke in das CAD/BIM geladen werden muss. Der Arbeitsablauf wurde mit der Software SCANTRA (technet GmbH, Berlin), VirtuSurv (kubit GmbH, Dresden) und der BIM-Software Autodesk Revit durchgeführt (Abb. 5).

1. Die Rohdatenerfassung wurde mit dem Laserscanner Focus3D der Firma Faro durchgeführt.
2. Die 51 Einzelscans wurden anschließend mit objektbasierten Verfahren der Software SCANTRA automatisch, ohne Zielmarken, registriert. Die berechneten Transformationsparameter der Einzelscans wurden dann im scannereigenen Datenformat gespeichert.
3. Die registrierten Einzelscans wurden mit der Software VirtuSurv in einer zweidimensionalen Panoramaansicht dargestellt und nicht als Punktwolke in die BIM-Software geladen.

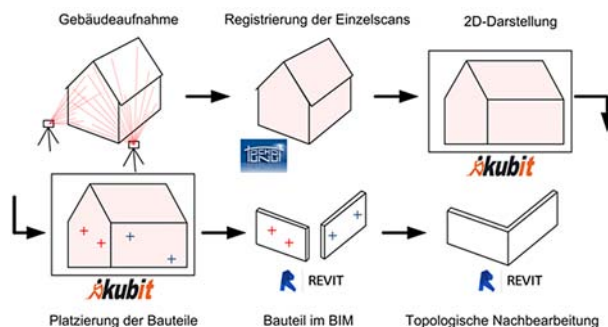


Abb. 5 | Beispielhafter Informationsfluss bei der Auswertung von Laserscandaten für BIM

4. Die Messung im zweidimensionalen Panoramabild ist mit der dreidimensionalen, parametrischen Modellierung der Bauteile und den Transformationsparametern der Punktwolke verknüpft. Die BIM-Elemente (Wand, Wandöffnung, Fenster, Stütze und Träger) können damit direkt im Gebäudekoordinatensystem platziert werden (Abb. 6).
5. Die Bearbeitung der Semantik und Topologie erfolgt in der BIM-Software. Im Scan nicht selektierbare Elemente werden anhand anderer Unterlagen (Sekundärdaten, Fotos) konstruiert.

Das vorgestellte Beispiel zur Messung und Auswertung von Laserscandaten zeigt einen allgemeinen Trend auf. Der Vorgang der reinen Datenerfassung vor Ort unterliegt einem hohen Automatisierungsgrad und ist schnell und einfach zu erledigen. Die Wahl der Instrumentenstandpunkte muss so vorgenommen werden, dass die Registrierung möglich ist und verdeckte Bereiche nachträglich konstruiert werden können (z. B. Kanten oder Punkte durch Schnitt von Ebenen). Gegebenenfalls muss ein ergänzendes Handaufmaß durchgeführt werden. Wertvolles Fachwissen ist auch dann nötig, wenn es darum geht, die Vermessung in einem einheitlichen Raumbezugssystem darzustellen und das zu dokumentierende Objekt – in diesem Fall ein Gebäude – anwendungsgerecht zu abstrahieren und technisch korrekt zu modellieren.

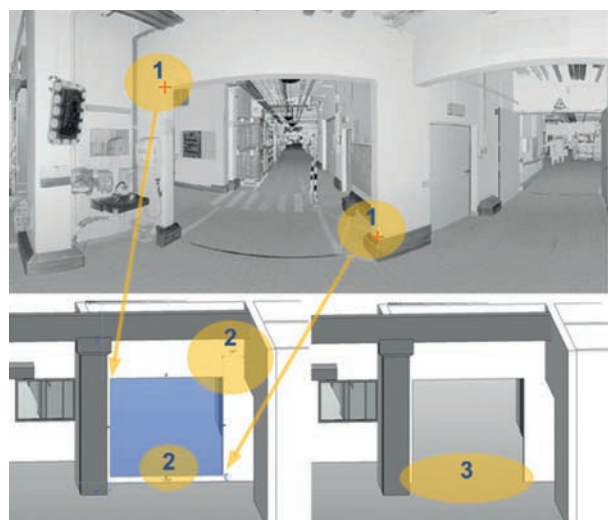


Abb. 6 | Die geometrische Lage der Wandöffnung wird im zweidimensionalen Scannerbild angegeben (1) und in die parametrische Darstellung überführt (2). Im BIM kann die Wandöffnung noch angepasst werden (3).

4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Eine BIM-gestützte Bestandsdokumentation von baulichen Anlagen hat eine sehr hohe Qualität, weil das Modell verschiedene Sichten auf das Gebäude integriert. Die zentrale Datenhaltung ermöglicht einen schnellen und umfangreichen Zugriff auf das Gebäudemodell. BIM eröffnet der Ingenieurgeodäsie neue Märkte, weil mit der BIM-Methode höherwertige Modelle an den Kunden geliefert werden können. Der Wert entsteht hier vor allem durch die semantische Objektbildung, weniger durch die geometrisch detaillierte Darstellung. Allerdings ist die Anpassung vermessungstechnischer Arbeitsprozesse an BIM sehr aufwendig. Das „Denken in Punkten“ muss vom „Denken in der Gebäudestruktur“ abgelöst werden. Der flächenhaften Erfassungsmethode „Laserscanning“ kommt dabei eine besondere Bedeutung zu: BIM profitiert von Laserscanning, weil aus der Punktwolke unterschiedliche BIM-Elemente auch nachträglich konstruiert werden können. Dreidimensionale Punktwolken können auch ohne Zusatzmodule von BIM-Software visualisiert werden. Für die geometrische Modellierung von Bauteilen eignet sich eine mit dem Modell verknüpfte, zweidimensionale Darstellung der Punktwolke sehr gut.

BIM ist bei Architekten und Bauingenieuren sehr beliebt und wird zunehmend in den geodätischen Methodenschatz aufgenommen. Geodesy goes BIM. Andere Länder, wie die USA, sind auf diesem Weg schon viel weiter. Die BIM-Methode ist dort (fast) Standard /NBIMS 2007/.

LITERATUR

Borrmann, A.; Kolbe, T. H.; Donaubauer, A.; Steuer, H.; Jubierre, J. R. (2013): Transferring Multi-Scale Approaches from 3D City Modelling to IFC-Based Tunnel Modeling. In: SPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-2/W1, ISPRS 8th 3DGeoInfo Conference, 75–85.

Both, P. v.; Koch, V.; Kindsvater, A. (2013): BIM – Potentiale, Hemmnisse und Handlungsplan– Analyse der Potentiale und Hemmnisse bei der Umsetzung der integrierten Planungsmethodik Building Information Modeling – BIM – in der deutschen Baubranche und Ableitung eines Handlungsplanes zur Verbesserung der Wettbewerbssituation, Fraunhofer IRB, Stuttgart.

BuildingSMART (2014): Internetseite des buildingSMART e.V. <http://www.buildingsmart.de> (10.02.2014).

Clemen, Ch. (2010): Ein geometrisch-topologisches Informationsmodell für die Erfassung und Validierung von flächenparametrisierten 3D-Gebäudemodellen. Dissertation. TU Berlin, Fakultät VI Planen Bauen Umwelt, Veröffentlichung der Bayerischen Akademie der Wissenschaft. Reihe C. München.

Ehrich, R. (2013): Untersuchung zum geodätischen Einsatz von Autodesk Revit und VirtuSurv für die digitale Bestandsdokumentation von Gebäuden. Diplomarbeit an der Fakultät Geoinformation der HTW Dresden (unveröffentlicht).

Eastmann, C.; Teicholz, P.; Sacks, P.; Liston, K. (2011): BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 2. Auflage. Wiley John + Sons, Hoboken.

Gründig, L.; Gielsdorf, F.; Clemen, Ch.; Bahndorf, J. (2005): Geometrische Methoden zur Erfassung vorhandener Bausubstanz, In: Cziesielski, E. (Hrsg.): Bauphysik-Kalender (Band 2005), Ernst & Sohn, Berlin.

IFC (2014): HTML-Dokumentation der IFC2x Edition 3. <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm> (10.02.2014).

Liebig, T.; Schweer, C.-S.; Wernik S. (2011): Die Auswirkungen von Building Information Modeling (BIM) auf die Leistungsbilder und Vergütungsstruktur für Architekten und Ingenieure sowie auf die Vertragsgestaltung. Schlussbericht des Forschungsprojekt BIMHOAI. <http://www.irbnet.de/daten/baufo/20118035383/Endbericht.pdf> (10.02.2014).

Nagel, K.; Stadler A.; Kolbe, T. H. (2009): Conceptual Requirements for the Automatic Reconstruction of Building Information Models from Uninterpreted 3D Models. In: ISPRS Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 38(3–4/C3).

National Institute of Building Sciences (2007): National Building Information Modeling Standard – Version 1 – Part1: Overview, Principles, and Methodologies. http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMS_v1_p1.pdf (10.02.2014).

Mekawy, M. El; Östmann, A.; Hijazi, I. (2012): A Unified Building Model for 3D Urban GIS. In: ISPRS International Journal of Geo-Information, 1, 120–145.

Opic, M.; Koch, S.; Maier, A.; May, M.; Turianskyjv, N. (2013): Datenerfassung und Datenmanagement im FM. In: May, M. (Hrsg.): CAFM-Handbuch—IT im Facility Management erfolgreich einsetzen. 3. Auflage. Springer, Berlin, 209–235.

Pahl, G. (1990): Konstruieren mit 3D-CAD Systemen – Grundlagen, Arbeitstechnik, Anwendung. Springer, Berlin.

Stadler, A. (2007): Kohärenz von Geometrie und Semantik in der Modellierung von 3D Stadtmodellen, In: Clemen, Ch. (Hrsg.): Entwicklerforum Geoinformationstechnik 2007. Shaker, Aachen, 167–184.

Streilein, A. (1999): Digitale Photogrammetrie und CAAD. Dissertation, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich. Mitteilungen, ETZ Zürich, 68.

Talend, D. (2012): BIM gets a boost. In: The American Surveyor, 9 (1), 6 – 12.

Thurrow, T. (2004): Digitaler Architekturbestand – Untersuchung zur computergestützten, schrittweisen Erfassung und Abbildung der Geometrie im Kontext der planungsrelevanten Bauaufnahme. Dissertation, Fakultät Architektur der Bauhaus-Universität Weimar.

Prof. Dr.-Ing. Christian Clemen

HTW DRESDEN
FAKULTÄT GEOINFORMATION
FACHGEBIET CAD UND VIRTUAL REALITY

Friedrich-List-Platz 1 | 01069 Dresden
clemen@htw-dresden.de



Dipl.-Ing. (FH) Robert Ehrich

LANDESHAUPTSTADT HANNOVER
FACHBEREICH PLANEN UND
STADTENTWICKLUNG

Rudolf-Hillebrecht-Platz 1 | 30159 Hannover



Manuskript eingereicht: 10.02.2014. Im Peer-Review-Verfahren begutachtet.



INTERGEO®

Kongress und Fachmesse für Geodäsie,
Geoinformation und Landmanagement

7. – 9. Oktober 2014 | Berlin, Messegelände
www.intergeo.de



gemeinsam mit

3. Nationaler INSPIRE Konferenz 2014
imaGIne-2 Kongress



Sponsoren:

esri Deutschland

HEXAGON

Trimble

DVW

Veranstalter: DVW e.V. | Ausrichter Kongress: DVW GmbH | Ausrichter Messe: HINTE GmbH