



Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen

Lehrstuhl Computergestützte Modellierung und Simulation

Prof. Dr.-Ing. André Borrmann

Analyse der BIM-Software Autodesk Revit 2013 anhand der Modellierung eines Gebäudes der Technischen Universität München

Paul-Gérard Pellekoorne

Bachelorthesis

Für den Bachelor of Science Studiengang Umweltingenieurwesen

Autor: Paul-Gérard Pellekoorne

Matrikelnummer:



Betreuer: Prof. Dr.-Ing. André Borrmann

Ausgabedatum: 8. November 2012

Abgabedatum: 2. April 2013



Abstract

The first part of this thesis deals with the current state of Building Information Modeling and possibilities of future developments. After giving an overview and pointing out the advantages compared to conventional planning, potential crosscutting interconnections will be presented. In the course of this, the assertion is set up that BIM will help to prevent severe future damages caused by floods and fire and will also counteract urban heat stress and support navigation.

The second part focused on BIM-related software, especially Autodesk Revit 2013. In order to examine processes and workflow of this program, the author used it for modeling a building of the TU Munich. Moreover, all innovations of the latest program version have been verified. The result is ambivalent, on one hand the software is very flexible and offers a huge number of possibilities to edit all kind of properties; on the other hand the user interface caused many errors during the modeling process.

All in all this thesis confirms, that BIM is an indispensable part of the planning process and further developments will go on, even if the BIM hype of the years 2010 to 2012 is over.



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	5
2	BIM – Building Information Modeling	7
2.1	Definition: Was ist BIM?	7
2.2	Überblick: In welchen Bereichen wird BIM verwendet und wer nutzt BIM?	8
2.3	Geschichte: Seit wann gibt es BIM und woher kommt es?	8
2.4	Nutzen (praktisch): Was sind die Vorteile gegenüber herkömmlichen Plänen?	9
2.5	Nutzen (finanziell): Mögliche volkswirtschaftliche Einsparungen	11
2.6	Lebenszyklus: Welche Bedeutung spielt BIM in den verschiedenen Lebenszyklusphasen?	12
2.7	Zusammenfassung der Vorteile	14
2.8	Programme: Welche BIM-verwandten Programme gibt es?	15
2.9	Probleme: Welche Schwierigkeiten gibt es?	17
2.10	Zukunft: Wie kann sich BIM weiterentwickeln?	18
3	Der Softwarehersteller Autodesk	23
3.1	Revit Server	24
3.2	BIM 360	26
3.3	Revit 2013	26
3.4	Was ist neu in Revit 2013?	27
3.5	Systemanforderungen	36
4	Modellierung des Gebäudes N1 am Stammgelände der TU München	38
4.1	Die Geschichte des Nordgeländes	38
4.2	Akquirieren, Ordnen und Importieren der Pläne	39
4.3	Fundamente und Geschossdecken	39
4.4	Wände	40
4.5	Wandöffnungen	41
4.6	Texturen	41
4.7	Profilierte Wände	42
4.8	Fenster und Türen	43
4.9	Eigene Familien erstellen	43
4.10	Zuweisen von Materialien auf Elemente	44
4.11	Energetische Betrachtung	44
5	Verbesserungsvorschläge für Revit	45
6	Aufgetretene Fehler	50

7	Daten Ex- und Import	55
8	Visualisierung.....	56
9	Zusammenfassung und Fazit	59
	Anhang A – Rechenumgebung.....	61
	Anhang B – Bebauungsplan	62
	Anhang C – Compact Disc	63
	Abkürzungsverzeichnis.....	64
	Literaturverzeichnis	65
	Abbildungsverzeichnis	66



Kapitel 1

1 Einführung

"Planung erfordert eine Vielzahl von Einzelinformationen."

John Kenneth Galbraith, Die moderne Industriegesellschaft

Dieses Zitat aus dem Jahr 1974 trifft heute wohl auf noch mehr Aspekte des Lebens zu, als zu Galbraiths Zeiten im 20. Jahrhundert. Der Informationshunger diverser Planer ist kaum zu stillen.¹ Immer dem Zweck dienend, eine perfekte Lösung zu finden, die für alle Betroffenen optimal ist und durch ihre Nachhaltigkeit auch langfristig ihr Ziel erfüllt. Das wichtigste Hilfswerkzeug der Planung ist das Erstellen von Modellen, die zu einem besseren Verständnis des Geplanten beitragen sollen – durch eine verbesserte Anschaulichkeit, durch Ergebnisse von Modellversuchen oder anhand von berechneten Werten. Damit können Modelle zu Beschreibungs-, Erklärungs-, und Prognosezwecken, als auch zur Unterstützung bei der Entscheidungsfindung eingesetzt werden.²

Wurde im 20. Jahrhundert unter Modellierung noch das handwerkliche Erstellen eines haptischen Modells verstanden, so migrierte das Modellieren in den letzten Jahren in die Virtualität. Planung und Modellierung hängen sehr stark zusammen und dehnen sich auf immer mehr Bereiche aus. Ein perfektes Modell gibt es jedoch nicht – und wird es auch nicht geben. Denn bereits 1987 schrieb George E. P. Box³ *"Essentially, all models are wrong, but some are useful."* Die Frage ist also nur, wie falsch ein Modell sein muss, um nicht nützlich zu sein. Um nützlich zu sein, muss die Güte des Modells über einem unbekanntem Grenzwert liegen. Dabei setzt sich die Güte aus verschiedenen Faktoren zusammen. Diese sind abhängig von der Art und dem Zweck der Modelle. Beschreibungsmodelle sind generell komplexer als Prognose- oder Erklärungsmodelle. In jedem Fall aber ist die Anzahl an Informationen ein zentrales Gütekriterium, was auch Galbraiths Aussage

¹ K. Cameron spricht sogar von einem Zeitalter des Informationshungers, siehe Literaturverzeichnis.

² Vergleiche im Literaturverzeichnis: *Richter, Magnus: Zur Güte von Beschreibungsmodellen (...)*.

³ Vergleiche: *Empirical Model-Building and Response Surfaces (1987)*.

ausdrückt. Allerdings ist die Informationsmenge nur ein Teil des komplexen Planungsumfeldes. Insbesondere vernachlässigt dieses Zitat die Kommunikation, die nötig ist, um Informationen zu übertragen. Denn der Wissenstransfer ist von essentieller Bedeutung und steht mit den Informationen in einer engen Verbindung. Schon 1979 erkannte Norbert Szyperski, der als Gründer der Wirtschaftsinformatik gilt, diesen siamesischen Zwillingscharakter⁴: „Die Interdependenzen werden deutlich durch die Tatsache, dass ohne Kommunikation keine Information möglich ist und umgekehrt. Es ist ratsam, sie ihrem siamesischen Zwillingscharakter entsprechend miteinander verbunden zu begreifen.“⁵

Und exakt an diesen Punkten – Information und Kommunikation – setzt im Baugewerbe Building Information Modeling (BIM) an und ersetzt alte Planungsinstrumente und Kommunikationswege, wie zum Beispiel das manuelle Anfertigen von Plänen. So hat sich in den letzten Jahren ein irreversibler Prozess vollzogen, dem sich kein Bauplaner mehr entziehen kann. Was dieser Prozess beinhaltet, auf welchen Stand sich BIM zurzeit befindet und in welche Richtungen es sich entwickeln könnte, soll in dieser Arbeit untersucht werden. Anschließend wird auf Programme eingegangen, die in diesem Zusammenhang zu nennen sind, insbesondere auf Autodesk Revit 2013, mit dem der Autor exemplarisch ein Gebäude der TU München modelliert hat.

⁴ In Anlehnung an: *LJ Heinrich, F Lehner: Informationsmanagement (...)*, siehe Literaturverzeichnis.

⁵ Vergleiche: *Szyperski /Strategisches Informationsmanagement/S. 3.*



Kapitel 2

2 BIM – Building Information Modeling

2.1 Definition: Was ist BIM?

Der Begriff Building Information Modeling (*dt.* Gebäudedaten-Modellierung) bezeichnet einen softwaregestützten Prozess, der dazu dient, alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes, einer Infrastruktur oder eines Betriebs virtuell abzubilden. Er bietet einen ganzheitlichen Ansatz, der die früher isolierten Aspekte des Bauens zusammenfasst und Daten aus allen beteiligten Bereichen in einem Modell verknüpft.⁶

Building Information Modeling ist ein Meilenstein in der Planungsgeschichte von Gebäuden und Infrastrukturprojekten, der schon heute nicht mehr aus dem Bauwesen wegzudenken ist und sich stetig weiterentwickelt. Es verbessert die Wirtschaftlichkeit von Bauprojekten, indem es vor allem die Transparenz, und damit die finanzielle Planungssicherheit erhöht.

⁶ In Anlehnung an: Dr. Rudolf Juli, buildingSMART e.V., *Das buildingSMART BIM Handbuch*, <http://www.bim-guide.org/>, zuletzt abgerufen am 01.12.2012.

2.2 Überblick: In welchen Bereichen wird BIM verwendet und wer nutzt BIM?

Mit fortschreitender Entwicklung von Modellierungs- und unterstützenden Peripherieprogrammen hat BIM Einzug in immer mehr Aspekte des Planens, Bauens und der Gebäudeverwaltung erhalten. Häufig verwendete Programme sind hier Autodesk und Nemetschek. Zum Beispiel gliedert Autodesk seine Programme anwendungsbezogen in die Bereiche Hochbauplanung, Ingenieur- und Tiefbau, sowie Anlagenkonstruktion. Der Hochbau umfasst die Architektur, die Tragwerksplanung und die Gebäudetechnik. Zum Ingenieur- und Tiefbau gehört der Bereich der Verkehrswege- und Geländeplanung, als auch die Wasser- und Energieversorgung. Die Anlagenplanung bildet den kleinsten Teil und unterstützt den Neu- und Umbau von diversen technischen Anlagen.⁷

Im Gegensatz zu Autodesk unterscheidet Nemetschek in erster Linie nach Nutzern und in zweiter Linie nach der Bauphase. Die Firma bietet Software für Architekten, Ingenieure, Bauunternehmer, Investoren und Facility Manager, konzentriert sich dabei aber auf den Hochbau. Neben den Kernbereichen Architektur und Ingenieurbau widmet sich Nemetschek auch verstärkt den Themen Gebäude- und Kostenmanagement.⁸

2.3 Geschichte: Seit wann gibt es BIM und woher kommt es?

BIM entwickelte sich aus dem Computer-Aided Design (CAD), das schon Ende der 1950er Jahre entstand. Damals wurden in den Vereinigten Staaten für Fertigungsmaschinen neue Programmiersprachen wie zum Beispiel APT⁹ zur Erzeugung von Steuerungsinformationen für Werkzeugmaschinen entwickelt¹⁰. Hiermit konnten zum Beispiel einer Fräsmaschine Informationen wie räumliche Koordinaten, Vorschub oder Anzahl der Umdrehungen pro Minute übermittelt werden. Seither hat sich das Anwendungsfeld von CAD gravierend erweitert und

⁷ Vergleiche: Autodesk, Inc., <http://www.autodesk.de/adsk/servlet/pc/index?siteID=403786&id=17232815> zuletzt abgerufen am 29.12.2012.

⁸ Vergleiche: Nemetschek Allplan Deutschland GmbH, <http://www.nemetschek-allplan.de/software/bim/bim-building-information-modeling.html>, zuletzt abgerufen am 29.12.2012.

⁹ Automatically Programmed Tools ist eine Sprache für numerisch gesteuerte Maschinen.

¹⁰ Vergleiche *Premo D.A.*, *APT (...)*, siehe Literaturverzeichnis.

kommt inzwischen nicht mehr nur im Maschinenbau, sondern auch in der Architektur, dem Bauingenieurwesen, der Elektrotechnik und sogar in der Zahntechnik zum Einsatz. Ursprünglich waren CAD-Pläne zweidimensional, doch schnell kam durch zentralperspektivische Abbildungen und Höhenkoten der nächste Schritt, der als 2½D bezeichnet wurde. Die Entwicklung und Verbreitung von 3D-CAD-Programmen gelang erst Ende der 1980er Jahre, als für damalige Verhältnisse leistungsstarke Hardware auch für kleinere Firmen erschwinglich wurde. Bei BIM-Programmen ist mit der Variable Zeit, eine vierte Dimension implementiert worden, um alle Bauphasen und ihre Teilschritte abbilden zu können.

2.4 Nutzen (praktisch): Was sind die Vorteile gegenüber herkömmlichen Plänen?

BIM arbeitet objektorientiert und heftet diverse Informationen an Objekte, die sich vom Nutzer individuell ändern und mit Eigenschaften anderer Objekte verknüpfen lassen. Dies bewirkt, dass Planänderungen automatisch in allen Bereichen realisiert werden, auf die sie Einfluss haben. Ein einfaches Beispiel hierfür können Wände sein, die ihre Höhe automatisch an Veränderungen der Geschosshöhe anpassen. Das ist eine enorme Verbesserung verglichen mit Methoden, die auf BIM verzichten. Früher musste jeder Fachplaner seinen Plan manuell anpassen; mit zwei wesentlichen negativen Folgen: zum einen ergab sich ein hoher Arbeitsaufwand und zum anderen stellen diese Überarbeitungen eine besonders hohe Fehlerquelle für Inkonsistenzen dar. Zudem kosten manuelle Nachträge Zeit, worunter die Aktualität der Pläne leidet. Waren für einen Fachplaner die aktuellen Pläne nötig, so konnten sie ihm oft nicht unmittelbar zur Verfügung gestellt werden.

Hintergrundinformationen: Wenn viele Planer an einem Projekt im selben Zeitraum arbeiten, kann man sich diese wie Kunden in einer Warteschlange vorstellen. Nach der Bedienungstheorie sinkt die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems durch eine höhere Anzahl an Kunden pro Zeit, der Standardabweichung der Zeitpunkte ihres Eintreffens, sowie der Dauer der Abfertigung¹¹. Gerade also wenn Pläne oft und im großen Stil überarbeitet werden müssen, ist es besonders wichtig, dass alle relevanten Daten aktuell und kontinuierlich für jeden bereitstehen. Dass Systeme mit steigender Standardabweichung¹² eine geringere Leistungsfähigkeit aufweisen ist vor allem wichtig, da Planänderungen keine unabhängigen Ereignisse im Gesamtprozess sind, sondern im Gegenteil meist durch vorhergehende Änderungen erst nötig oder sinnvoll werden.

Die Spezialisierung, die auch im Bauwesen stetig ansteigt, erzwingt quantitativ mehr und qualitativ bessere Schnittstellen zwischen den Fachdisziplinen, um einen stabilen Informationsfluss zu gewährleisten. Die Informationslogistik wird also komplexer. Auch hier setzt BIM an und sorgt im Idealfall dafür, dass die richtigen und aktuellen Teilpläne und Informationen die richtigen Empfänger mit genau definierten Bearbeitungsrechten erreichen.¹³ Ziel hierbei ist es, den Informationsbedarf aller Beteiligten stets in gewünschter Qualität zu decken, die Informationsflüsse zu optimieren und dabei trotzdem noch eine möglichst hohe Flexibilität aufrecht zu erhalten, also Planänderungen noch möglichst spät und dadurch kostengünstig gestalten zu können.

Durch die Anschaulichkeit der Modelle und die integrierte Möglichkeit zur Projektdauer- und Materialkostenberechnung entsteht zudem eine Transparenz, die eine hohe Planungs- und Kostensicherheit für den Bauherrn zur Folge hat.

¹¹ Aus der Vorlesung Statistik von P.D. Andreas Johann, TU München (2011).

¹² Die Standardabweichung bezieht sich wieder auf die Zeitpunkte des Eintreffens der Kunden.

¹³ In Anlehnung an: <http://glossar.hs-augsburg.de/Informationslogistik> (2008), zuletzt abgerufen am 1.12.2012.

2.5 Nutzen (finanziell): Mögliche volkswirtschaftliche Einsparungen

Bereits 2004 weist eine Studie¹⁴ des US-amerikanischen National Institute of Standards and Technology auf gravierende Probleme der Bauindustrie hin. Genannt wurden vor allem der kleinteilige Charakter, die papierbasierten Geschäftspraktiken und Standardisierungsmängel, sowie die inkonsistente Einführung neuer Technologien unter den Beteiligten. Basierend auf Interviews und Umfrageergebnissen wurden die dadurch national entstandenen Verluste für das Jahr 2002 auf 15,8 Milliarden US-Dollar geschätzt. Der Studie nach entsteht der Großteil der durch fehlerhafte Planung verursachten Kosten¹⁵ während dem Betrieb und bei Instandhaltungsmaßnahmen. Ferner sollen durch mangelnde Interoperabilität weitere Kosten in nicht unerheblichem Umfang entstanden sein, die allerdings in der Studie nicht erfasst werden konnten.

Wie sich die Kosten in den letzten elf Jahren entwickelt haben, und inwiefern die Studie auf europäische Staaten übertragen werden kann, ist schwer einschätzbar. Die Studie soll lediglich ein Gefühl für die Höhe der möglichen Einsparungen vermitteln.

¹⁴ Michael P. Gallaher et al., Cost Analysis of Inadequate Interoperability (...), siehe Literaturverzeichnis.

¹⁵ Die Kosten müssen zu zwei Dritteln durch Eigentümer und Betreiber getragen werden.

2.6 Lebenszyklus: Welche Bedeutung spielt BIM in den verschiedenen Lebenszyklusphasen?

Planung

BIM kann schon bei der Konzeption eines Objekts und seiner Vorplanung Anwendung finden. Vor allem aber ab der dritten Leistungsphase der HOAI¹⁶, der Entwurfsplanung, spielt BIM heute eine entscheidende Rolle. Durch Verknüpfungen mit GIS-Daten¹⁷ lassen sich zum Beispiel ein DGM und Orthophotos importieren, die zur weiteren Planung und zur Visualisierung verwendet werden können. Bauingenieure können mit BIM Statikmodelle erzeugen und Gebäudetechniker können Heizung, Lüftung und Klimatechnik (HLK) planen. Und auch die Kostenberechnung kann mit Hilfe von BIM einfacher durchgeführt werden. In der Genehmigungsplanung hilft BIM durch neue Standards, wie zum Beispiel einheitliche Schnittstellen zu den Fachabteilungen, ebenfalls einen schnellen, reibungsarmen Ablauf zu ermöglichen. Mit einem konsistenten Modell lassen sich dann ohne viel Aufwand die anschließend anzufertigenden Ausführungs- und Detailzeichnungen erstellen. Für Architekten, Ingenieure und Bauherren hat BIM also einen zentralen Stellenwert.

Bauausführung

Da neben der räumlichen Ausdehnung auch die Zeit – als vierte oder fünfte¹⁸ Dimension – modelliert wird, können Bauabläufe in ihren einzelnen Teilschritten festgehalten werden. So kann genau bestimmt werden, wann welche Materialien und Geräte zur Verfügung stehen müssen, wodurch Lager- und Vorhaltekosten gesenkt werden. Durch das Wissen, zu welcher Zeit welche Menge an Erdaushub zum Abtransport anfällt, lässt sich ebenfalls die Logistik optimieren. BIM hilft also auch Verzögerungen im Bauablauf zu vermeiden und Zeitpläne einzuhalten.¹⁹

¹⁶ In der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure werden deren Leistungen in neun Phasen unterteilt.

¹⁷ Auch „Geodaten“, „geografische Daten“ oder „Daten von und für Geoinformationssysteme (GIS)“

¹⁸ In dem Fall wird die vierte Dimension mit der Größe Geld belegt.

¹⁹ In Anlehnung an Nemetschek, <http://www.nemetschek-allplan.de/software/bim/bim-fuer->

Gebäudeverwaltung

Besteht ein BIM-Modell eines Gebäudes, ergeben sich viele Vorteile für Facility Manager. So lassen sich jederzeit alle gewünschten Pläne generieren und Daten, wie zum Beispiel die Sonneneinstrahlung, müssen nicht manuell gemessen, sondern können dem Modell entnommen werden. Auch Metadaten können Objekten hinzugefügt werden und sind so leicht auffindbar. Der Zugang zu diesen Daten ist Grundlage für eine energetisch effiziente Nutzung des Gebäudes und einen verantwortungsvollen Umgang mit Ressourcen.

Umbau, Umnutzung und Sanierung

Hier sind die soeben genannten Aspekte bei der Gebäudeverwaltung von noch größerer Bedeutung, da gerade für Umbau und Sanierung genaue Daten bezüglich der Gebäudegeometrie und den Baumaterialien zwingend notwendig sind. Des Weiteren bietet die Möglichkeit der Nutzung des statischen Modells, verglichen mit herkömmlichen Plänen, enorme Vorteile. So können beispielsweise tragende Wände aus dem Modell entfernt, und Hilfsstützen diesem hinzugefügt werden.

Verwertung und Rückbau

Schließlich ist BIM auch beim Rückbau von Vorteil, da neben der Gebäudegeometrie auch die Materialien modelliert werden können und so das Wissen zur Verfügung steht, wo welche Baustoffe eingesetzt wurden.

2.7 Zusammenfassung der Vorteile

Die Vorteile von BIM lassen sich in einer beliebig feinen Auflösung beschreiben. Die wohl größte, aber einprägsamste Stufe besteht aus vier Punkten. Thomas L. Rosenberg, ein Anwalt aus den Vereinigten Staaten, der seit über 22 Jahren Baurecht praktiziert und Architekten wie Ingenieure vertritt, hat die Vorteile von BIM in einer Veröffentlichung²⁰ aus dem Jahr 2007 in folgende vier Punkte zusammengefasst. (siehe Abbildung 2.1, frei übersetzt²¹)

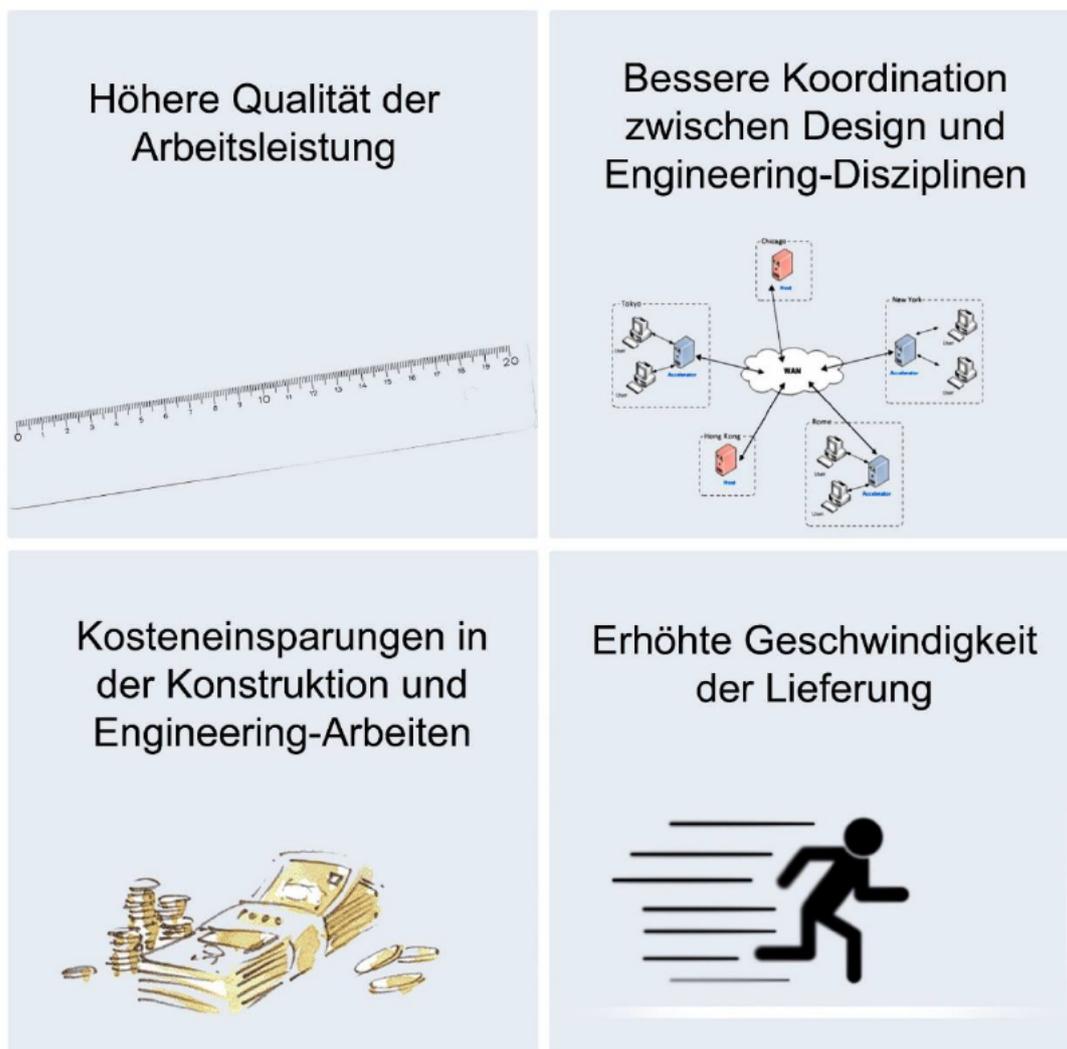


Abbildung 2-1 Vorteile von BIM in vier Punkten – Höhere Qualität, bessere Koordination, geringere Kosten, sowie eine erhöhte Geschwindigkeit sind die wichtigsten Vorteile von BIM.

²⁰ Vergleiche <http://www.ralaw.com/resources/documents/Building%20Information%20Modeling%20-%20Rosenberg.pdf>, zuletzt abgerufen am 13.12.2012, inzwischen offline.

²¹ Der Terminus *Engineering-Arbeiten* bezieht sich hier auf planende Aufgaben von Ingenieuren. Engineering-Disziplinen umfassen die Arbeit von klassischen Ingenieuren, sowie von Planung von Anlagen und Gebäudetechnik.

2.8 Programme: Welche BIM-verwandten Programme gibt es?

Softwarelösungen zur Modellierung von BIM-Modellen werden von allen bedeutenden CAD-Herstellern angeboten, jedoch unterscheiden sich Strategien, Umsetzungen und Bezeichnungen von Hersteller zu Hersteller. Im Wesentlichen stehen die zwei Hersteller Nemetschek und Autodesk hinter allen kommerziellen BIM-Modellierungs-Programmen in Europa.²²

Allplan von Nemetschek

Allplan richtet sich an Architekten, Bauingenieure und Bauausführende, wobei es im Vergleich zu den konkurrierenden Programmen seinen Schwerpunkt auf letztere legt. So unterstützt es optimal den Planungs- und Bauprozess hinsichtlich Qualität, Kosten und Zeitaufwand. Hervorzuheben sind Allplans vielseitige Schnittstellen, wie zum Beispiel zu CINEMA 4D, Google SketchUp oder Google Earth.²³

ArchiCAD von Graphisoft

Nemetscheks Tochtergesellschaft Graphisoft hat mit ArchiCAD ein Programm entwickelt, das sich vor allem an Architekten richtet und leicht planerische Fragen nach Massenlisten, Stücklisten, Wohnflächen oder ähnlichem beantworten kann.²⁴

²² Auf eine Google-Suche nach *Building Information Modeling* erschien neben den genannten Firmen nur noch Bentley auf der ersten Trefferseite, welche mehr in Amerika präsent ist.

²³ Vergleiche Nemetschek, <http://www.nemetschek-allplan.de/software/architektur/2d-3d-cad-software-architektur.html>, zuletzt abgerufen am 24.3.2013.

²⁴ Vergleiche Graphisoft, <http://www.graphisoft.de/produkte/archicad/gruendearchicad.html>, zuletzt abgerufen am 24.3.2013.

BIMserver der Technischen Universität Eindhoven

BIMserver ist ein kostenloser, zum IFC-Format kompatibler Modellserver, der in der Bauplanung sowie der Immobilienwirtschaft Anwendung findet. Er bildet die Schnittstelle zwischen CAD- und BIM-Desktop-Tools und Web Services.²⁵

Revit 2013 von Autodesk

Autodesk Revit besteht aus den drei Teilen Revit Architecture, Revit Structure, sowie Revit MEP für die Gebäudetechnik. Seit der neuesten Version ist nur noch eine Komplettanwendung mit allen Funktionen verfügbar. Im Gegensatz zu AutoCAD arbeitet Revit objektorientiert und wurde speziell für BIM entwickelt.²⁶ Auf Details zur Objektorientierung und den Neuerungen dieses Programms wird gesondert im Punkt 3.3 eingegangen.

Vectorworks von Nemetschek Vectorworks²⁷

Bei Vectorworks handelt es sich nicht um ein traditionelles BIM-Programm, sondern um ein CAD-System, das immer mehr BIM Funktionen übernehmen kann und sich inzwischen sogar mit dem Slogan „We do BIM better“ brüstet. So kann es in allen Phasen des Planungsprozesses eingesetzt werden und sogar 3D-Modelle rendern. Dank einer ODBC-Schnittstelle lassen sich auch externe Datenbanken einbinden.²⁸

²⁵ Vergleiche <http://bimserver.org/about/>, zuletzt abgerufen am 24.3.2013.

²⁶ Vergleiche Autodesk, <http://www.autodesk.de/adsk/servlet/pc/index?id=14644879&siteID=403786>, zuletzt abgerufen am 19.3.2013.

²⁷ Version „Architektur“ und „Designer“

²⁸ Vergleiche Nemetschek, http://download2cf.nemetschek.net/www_misc/2013/VW2013-BIM-Brochure.pdf, zuletzt abgerufen am 19.3.2013.

2.9 Probleme: Welche Schwierigkeiten gibt es?

Wegen der hohen Anzahl der an einem Projekt beteiligten Planer und anderer Akteure (zum Beispiel dem Bauherrn), ist es sehr wichtig, dass die Rechte, Einschränkungen, sowie die Verantwortlichkeiten aller in das Projekt involvierten Mitarbeiter klar geregelt sind. Eine Aufgabe von BIM in der nahen Zukunft wird sein, diese Strukturen noch klarer zu gestalten. Die drei genannten Faktoren sind zwar den Stützpfählern für nachhaltiges Landmanagement entnommen (siehe Abbildung 2.2), lassen sich aber auch auf die Informationslogistik im BIM-Netzwerk übertragen.

It's all about the three Rs

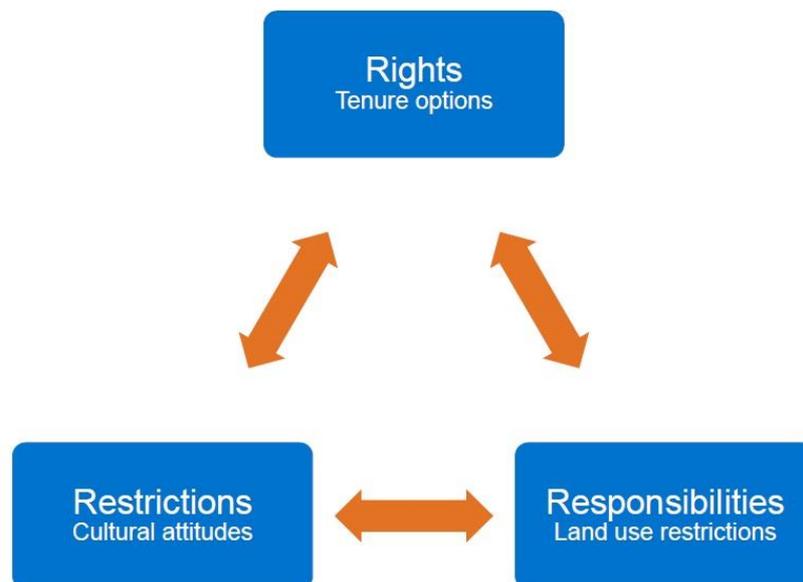


Abbildung 2-2 The three R's – Rechte, Einschränkungen und Verantwortlichkeiten sind auch in Bezug auf BIM Schlüsselemente.

Weiter wurde an der TU Delft eine SWOT-Analyse²⁹ zur Implementierung von BIM im Geodatenumfeld durchgeführt, die auch auf einige Schwächen hinweist. Eine Schwierigkeit liegt in den unterschiedlichen Anforderungen der Nutzergruppen. Der erforderliche Detaillierungsgrad eines Modells ist von Nutzer zu Nutzer verschieden. So braucht ein Verkehrswegebauer genaue Informationen über die zu bauende Straße und die umliegende Landschaft, für einen Verkehrsplaner hingegen reicht zur Darstellung einer Kreuzung oft ein Punkt. Zu viele Informationen wirken sich hier störend aus, da die Komplexität dann erst reduziert werden muss, um an relevante Informationen zu kommen und diese weiterverarbeiten zu können. Eine weitere Schwierigkeit stellen die lokalen Koordinatensysteme da, in denen sich Modelle befinden. Um diese mit GIS-Daten oder anderen Gebäude- und Tiefbaumodellen zu verknüpfen müssen die Koordinatensysteme genau aufeinander abgestimmt sein, also im allgemeinen Fall dreidimensional transformiert werden.

Hinzu kommen verschiedene Techniken zum Modellieren, sowie verschiedene Speicherformate von Objekten, wie CSG oder B-Rep. Zwar kann hier eine Vielfalt als positiv angesehen werden, da die optimale Darstellungsform von der Raumgeometrie des betrachteten Objekts abhängt, jedoch müssen dadurch Programme komplexer und flexibler sein, um beispielsweise objekttypübergreifende Abfragen beantworten zu können.

2.10 Zukunft: Wie kann sich BIM weiterentwickeln?

BIM-Programme sind längst ausgereift und bieten zur Modellierung unzählige Möglichkeiten und Hilfen. Doch in den Schnittstellen zu anderer Software liegt noch viel Potential zur weiteren Entwicklung und damit auch zur Erweiterung des Aufgabenfeldes. Zwar liegen die Entwicklungsmöglichkeiten nicht im eigentlichen Fokus der Arbeit, doch bieten sie durch die hohe Dynamik von BIM immer viele, neue und interessante Themen. Gerade im Zusammenspiel von BIM mit Geodaten und 3D-Stadtmodellen werden sich für immer mehr und für immer kleinere Städte und Gemeinden Simulationen auch zu Themen wie Lärmbelastung, Feuerschutz oder Katastrophenmanagement lohnen. Einerseits, um die Bestandslage zu analysieren, aber

²⁹ Eine Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken. Von Isikdag, U., Zlatanova, S., A SWOT analysis on the implementation (...), siehe im Literaturverzeichnis.

auch um Auswirkungen geplanter Bauvorhaben zu prognostizieren, oder um unter verschiedenen Projekten, die insgesamt beste Variante zu finden. Um die Integration von BIM in 3D-Stadtmodelle zu fördern, muss außerdem die Konvertierung in Formate wie CityGML semantisch und geometrisch einheitlich erfolgen.

Wie kann BIM gegen Hochwasserschäden helfen?

Hintergrundinformation: Unter den Simulationen von Katastrophen stehen hydrologische Ereignisse – insbesondere Hochwasser – im Vordergrund, was unter Betrachtung folgender Statistiken auch sinnvoll erscheint:

CRED, das Zentrum für die Erforschung der Epidemiologie von Katastrophen, erhebt und sammelt diverse Daten rund um Katastrophen – die aktuellsten Ergebnisse³⁰ stammen aus dem Jahr 2011. Demnach sind weltweit und in Europa die meisten Naturkatastrophen hydrologischen Ursprungs. Die meisten Menschen werden weltweit durch sie betroffen. In Europa haben sie mit etwa 890 Millionen US-Dollar (2011) den mit Abstand größten finanziellen Schaden verursacht, doch auch ein Großteil der restlichen Weltbevölkerung ist davon betroffen.

Werden BIM-Daten im großen Umfang in Hochwasseranalysen eingebunden, kann ein vom Wasserstand abhängiger Schaden vorausgesagt werden, der bei der Entscheidungsfindung bezüglich dem Ausbau von Hochwasserschutzmaßnahmen helfen kann. Denn der Schaden hängt z.B. von betroffenen Räumen, der betroffenen Haustechnik oder evtl. beschädigten Leitungen ab. Solche Faktoren können durch die Verknüpfung von BIM und GIS berücksichtigt werden und der errechnete Schaden kann dann direkt in eine Kosten-Nutzen-Analyse (CBA), eine multikriterielle Entscheidungsanalyse (MCA) oder eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse (CEA) einfließen.

³⁰ Vergleiche: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/163501>.

Wie kann BIM beim Feuerschutz helfen?

Bei Feuer, als auch bei Hochwasser, sind Evakuierungspläne für einen sicheren Betrieb notwendig. Der Automationsgrad ihrer Erstellung kann mit BIM angehoben werden, theoretisch bis zur vollständigen Automatisierung. Dabei sollten Räume und Gänge mit Widerstandswerten und Kapazitäten behaftet werden, um ideale Wege finden zu können. Dabei muss darauf geachtet werden, dass auch das Interieur mit einbezogen wird, und Räume mit Besonderheiten, wie brandgefährdeten Stoffen und Chemikalien, gemieden werden. In Zukunft könnte der Rettungsweg dann auf einem Smartphone, einer HUD-Brille oder ähnlichem, wie bei der Indoor-Navigation angezeigt werden. Möglich wären dann auch auf den Nutzer zugeschnittene Pläne, wie etwa Rettungswege für Menschen, die an einen Rollstuhl gebunden sind, für die also Stufen ein Hindernis darstellen.

Indoor-Navigation

Auch ohne Notstand kann Navigation hilfreich sein, vor allem auf unbekanntem Terrain. BIM bietet einen ausreichenden Detaillierungsgrad, um auch innerhalb geschlossener Gebäude Wege zu berechnen. Da immer mehr Menschen ein Smartphone besitzen³¹, ist es durchaus denkbar, dass Behörden in Zukunft – zumindest fakultativ – Besucher virtuell zur richtigen Stelle leiten.

3D-Kataster

Zusätzlich könnte BIM in Zukunft beim Aufbau eines 3D-Katasters helfen, indem Wohnungseigentümer in Mehrfamilienhäusern mit ihren Wohnungen und Garagen verlinkt werden. Außerdem kann BIM bei der Schätzung des Werts von Immobilien helfen, auch wenn der bauliche Zustand nicht errechnet werden kann, sondern immer noch vor Ort geprüft werden muss.

³¹ 2011 besaßen in Deutschland 69% privat und/oder geschäftlich ein Smartphone, Quelle: Accenture GmbH

Stadtklima und Energieverbrauch

Im Zusammenspiel mit anderen Programmen, wie beispielsweise der Freeware ENVI-met, könnten Building Information Modelle durch ihre Geometrie und ihre Materialien für Berechnungen von Hitzestress verwendet werden. Durch Gebäudegeometrien kann der Einfluss auf Luftströmungen ermittelt, und durch Materialinformationen die Strahlungsbilanz des Modells berechnet werden. Mit diesen und weiteren Informationen und Annahmen, wie der Luftfeuchtigkeit, dem Luftdruck, dem Ort und der Zeit, der getragenen Kleidung und der Art der Bewegung von Personen, kann dann auf die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) geschlossen werden, die als Maß für die gefühlte Temperatur gilt. Wäre es möglich, ein erstelltes Modell in einer bereits modellierten Umgebung zu platzieren, so könnte sofort – nach einer aufwendigen Berechnung – der Einfluss auf das Stadtklima, den Hitzestress und sogenannte Urban Heat Islands anschaulich dargestellt werden. Leider existieren bisher noch keine derartigen Lösungen. Wohl auch, weil BIM-Modelle zu komplex für die Berechnungen wären und erst komprimiert und simplifiziert werden müssten.

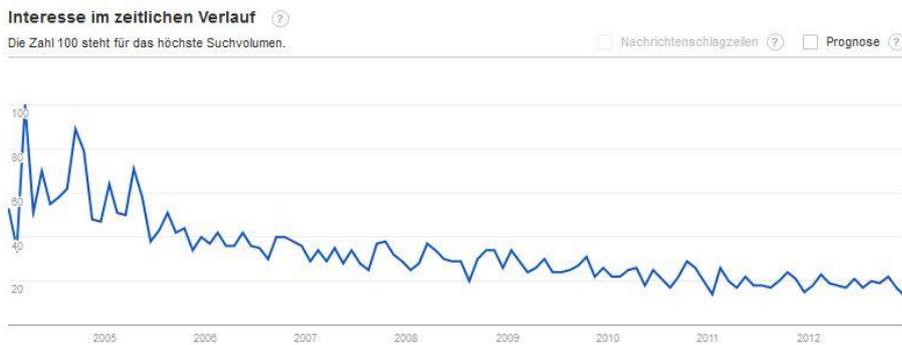
Ein weiterer Punkt, der Potential zur weiteren Entwicklung bietet, ist die Lichtsituation und der Energieverbrauch. So könnten aus einem Geoinformationssystem lokale Temperaturdaten bezogen und der Lichteinfall berechnet werden; abhängig von Tages- und Jahreszeit, sowie der Bebauung und Bepflanzung der Umgebung. Mit diesen Informationen könnte nicht nur die Energiezufuhr berechnet, sondern auch auf den tatsächlichen Energieheizbedarf geschlossen werden.

Design

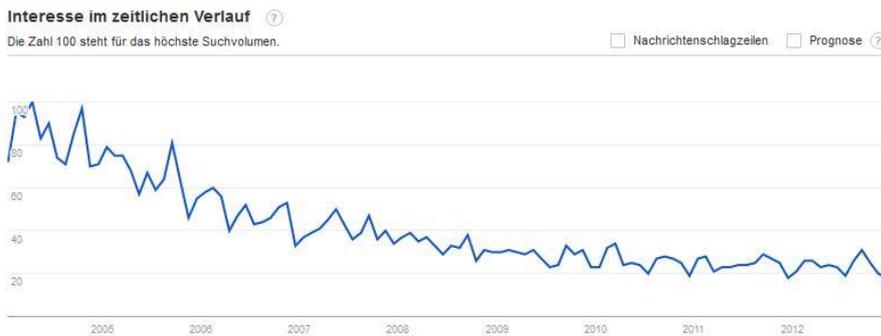
In der Bauplanung können in Zukunft Gestaltungs- / Designaspekte spezifischer in eine Bewertung mit einbezogen werden, indem Gebäudeteile, Straßen oder Brücken mit Utility-Werten behaftet werden. Anschließend sind Abfragen vorstellbar, wie „von wie vielen Fenstern aus, ist dieses Bauwerk sichtbar?“, oder „Was ist der mittlere Utility-Wert des Sichtfelds eines bestimmten Fensters?“.

Fazit – viel Potential

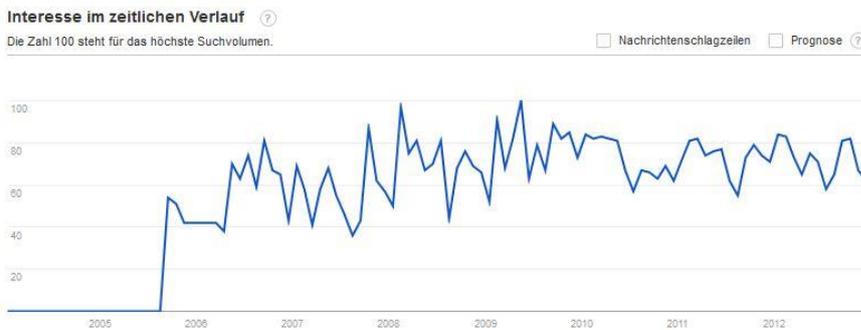
Insgesamt lässt sich also sagen, dass BIM sich einerseits in seinem Kernbereich weiterentwickeln und ausdehnen, sich aber sicher auch in neue Themengebiete integrieren wird. Die stabile Nachfrage nach BIM bestätigt auch der Service Google Trends. Während die Suchbegriffe CAD und GIS in den letzten Jahren immer seltener eingegeben wurden, blieb die Nachfrage nach BIM relativ stabil. Allerdings unterliegt die Kurve – wie in Abbildung 2.3 zu sehen – großen Schwankungen und steigt auch seit 2010 kaum noch an.



(b) „Computer Aided Design“



(a) „GIS“



(c) Building Information Modeling

Abbildung 2-3 Suchanfragen 2005 bis 2012 - Der Trend ist schon in den letzten Jahren zu BIM übergegangen.



Kapitel 3

3 Der Softwarehersteller Autodesk

Die Firma Autodesk wurde 1982 als CAD-Softwareentwicklungsunternehmen gegründet. Lag der Hauptfokus anfangs noch auf dem Betriebssystem DOS, so wandelte sich dies ab 1992, als eine neue Vorstandsvorsitzende berufen wurde, die die Portierung auf Microsoft Windows vorantrieb. Von da an erweiterte Autodesk stetig seine Produktpalette und bietet inzwischen neben der CAD-Anwendung AutoCAD, die Geoinformationssysteme Topobase und Map3D, ein 3D-Konstruktionssystem namens Autodesk Inventor, 3ds Max³², sowie viele weitere Programme an. Topobase ist seit der Version 2012 vollständig in Map 3D integriert³³. Gleichzeitig vertreibt Autodesk noch professionelle Video- und Filmbearbeitungssoftware, arbeitet an 3D-Stadtmodell-Lösungen und an Simulationen von Kunststoff-Spritzguss-Vorgängen im Digital Prototyping. Digital Prototyping bezeichnet dabei ein aus dem Maschinenbau stammendes Verfahren, das die Entwicklungszeit von neuen Produkten kürzen, ihre Kosten senken und ihre Qualität verbessern soll.

Heute hat die Firma Autodesk über 6600 Mitarbeiter, und erwirtschaftete im Jahr 2011 einen Umsatz von knapp 2 Mrd. US-Dollar. Damit ist das Unternehmen bedeutend größer, als der Konkurrent Nemetschek. Das liegt vor allem an der breiteren Aufstellung von Autodesk, da es neben dem Hoch-, Tief- und Anlagenbau, auch für den Maschinenbau, sowie das Film und Computerspielgewerbe diverse Programme entwickelt hat.³⁴

Da der Begriff BIM durch die Firma Autodesk geprägt wurde und sie dessen Entwicklung maßgeblich vorantrieb, spielt Autodesk für das Thema BIM eine entscheidende Rolle.

³² 3ds Max ist ein weitverbreitetes Computergrafik- und Animationsprogramm.

³³ Vergleiche: Autodesk, <http://www.autodesk.de/adsk/servlet/pc/index?siteID=403786&id=15224159>, zuletzt abgerufen am 24.3.2013.

³⁴ Vergleiche: Autodesk, <http://www.autodesk.de/adsk/servlet/index?siteID=403786&id=16037997>, zuletzt abgerufen am 24.3.2013.

3.1 Revit Server

Wie Michael Weinholzer³⁵ sinngemäß schreibt, ist die Server-Applikation Revit Server ein wichtiger Bestandteil dieser Entwicklung. Revit Server fördert die Zusammenarbeit von Mitgliedern eines verteilten Projektteams, die an einer gemeinsamen Datei arbeiten, und über ein Wide Area Network (WAN) verbunden sind. Reicht für lokales Modellieren (an einem Standort) noch dateibasiertes Worksharing (Arbeitsaufteilung) aus, so erfordert Zusammenarbeit über große Distanzen serverbasiertes Worksharing (Server-Based Worksharing). Es unterstützt die Arbeitsteilung sowohl für Revit Architecture, Revit Structure und Revit MEP (Gebäudetechnik). Dabei können mehrere Anwender gleichzeitig auf lokale Kopien zentraler Dateien zugreifen und diese (eingeschränkt) bearbeiten.

Weitere Informationen: In jedem Büro, in dem an diesen Dateien gearbeitet wird oder der Zugriff auf diese gebraucht wird, steht typischerweise ein Proxy, über den die Verbindung per WAN zu den Hosts (Datenbankanbietern) hergestellt wird. Auf diesen Hosts (auch ein einzelner Host ist möglich), die sich idealerweise geographisch nah an beteiligten Planungsbüros befinden, sind zentrale Dateien gespeichert. Sollte der Proxy ausfallen, so werden die daran angebenen Rechner direkt mit dem WAN verbunden. Sobald der Proxy dann wieder läuft, wird die Verbindung sofort und automatisch wieder hergestellt. Der Proxy nutzt die zur Verfügung stehende Kapazität des WAN und fragt ständig die neuesten Versionen der Dateien von den Hosts ab. Damit steht für den Anwender immer die aktuellste Version zur Verfügung, sobald er diese anfordert. Dafür benutzt er das "Reload Latest"-Werkzeug. Dabei werden nur die Veränderungen – und nicht das gesamte Modell – neu geladen, um die Ladegeschwindigkeit zu erhöhen. Mit dem "Synchronize Now"-Werkzeug kann der Nutzer seine veränderte Version über den Proxy auf den Host laden, und so mit allen Beteiligten teilen. Zur Verdeutlichung zeigt Abbildung 3.1 die groben Zusammenhänge an einem Beispiel.

³⁵ Weinholzer, M. (2012), Analyse der BIM-Software Autodesk Revit Architecture 2012 ..., vergleiche Literaturverzeichnis

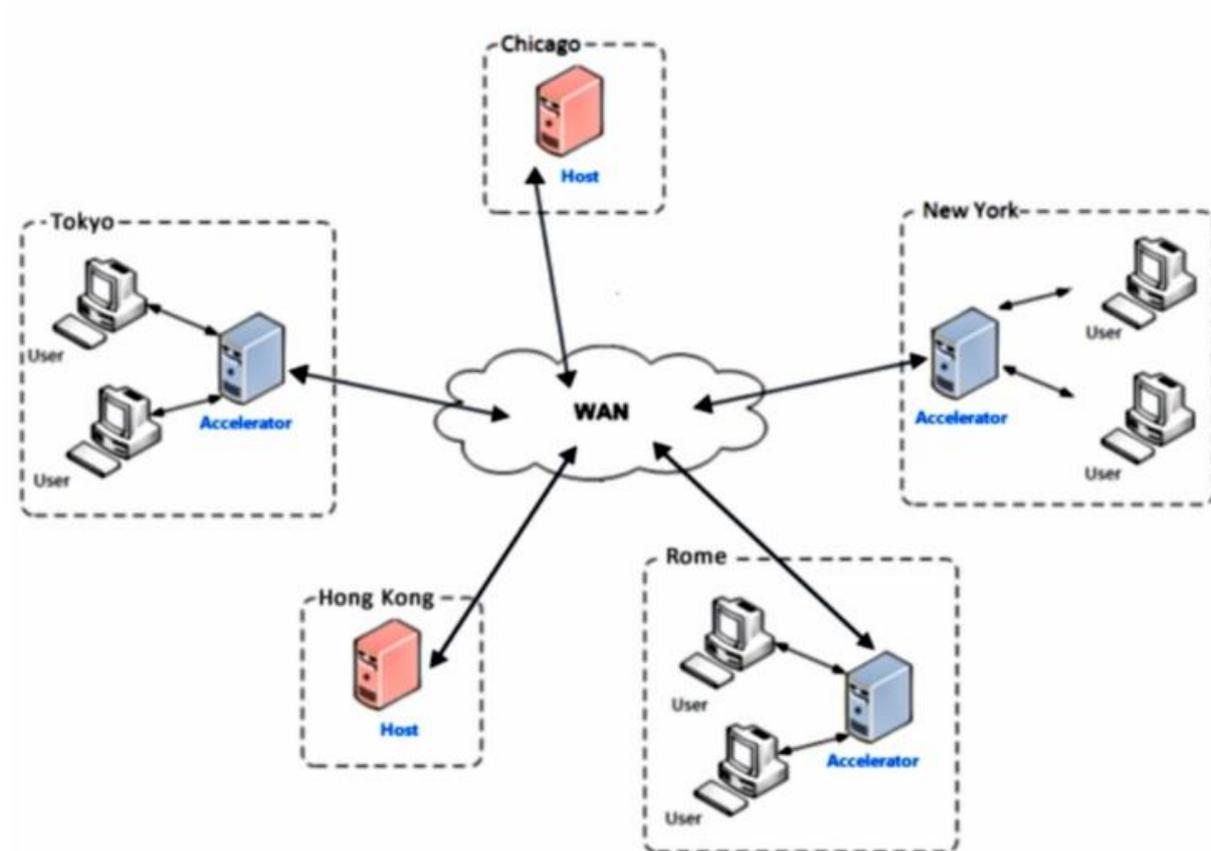


Abbildung 3-1 Wide Area Network – Die Informationsflüsse sind schematisch als Pfeile dargestellt.

Zusätzlich zu dem Host und den Proxys wurde in Revit 2013 die Rolle des Admin eingeführt. Dieser hat Zugriff auf das Autodesk Revit Server Administrator Dienstprogramm, das ein zentrales Management aller Modelle und Dateien eines Projekts erlaubt. Mit diesem Programm können BIM-Manager und Administratoren Ordner und Dateien auf dem Host erstellen, löschen, umbenennen oder verschieben. Außerdem können sie Rechte einschränken oder zentrale Dateien von einem Host auf einen anderen transferieren.³⁶

³⁶ Vergleiche: Autodesk, http://wikihelp.autodesk.com/enu?adskContextId=EXLINK_RS_OVERVIEW&product=Revit&release=2013&language=neu, zuletzt abgerufen am 24.3.2013.

3.2 BIM 360

Autodesk BIM 360 ist eine Cloud-Computing-basierte Softwarelösung für Gebäude- und Infrastrukturprojekte, die den Zugang zu zentral gespeicherten Modellen und Daten erlaubt. Zudem können hiermit ressourcenaufwendige Rechenarbeiten, wie Rendering, Simulationen oder Iterationen, in die Cloud – also auf eine Vielzahl von Computern – ausgelagert werden. Eine Variante mit dem Namenszusatz "Field" unterstützt Ingenieure und Vermesser vor Ort – vor und während des Bauablaufs.³⁷

3.3 Revit 2013

Da die Objektstruktur in Revit die entscheidende Rolle spielt und im weiteren Verlauf dieser Arbeit Grundbegriffe der Objektstruktur erwähnt werden, soll für das Leseverständnis kurz auf diese eingegangen werden. Bauteile – in Revit Elemente genannt – werden auf vier Ebenen untergliedert. Diese heißen Kategorie, Familie, Typ und Exemplar. Abbildung 3.2 zeigt anschaulich an einem Beispiel die oberen drei Gliederungsebenen der Struktur in Revit. Die unterste Ebene der Exemplare hat einen selbsterklärenden Charakter und wurde deshalb nicht in die Übersicht integriert.

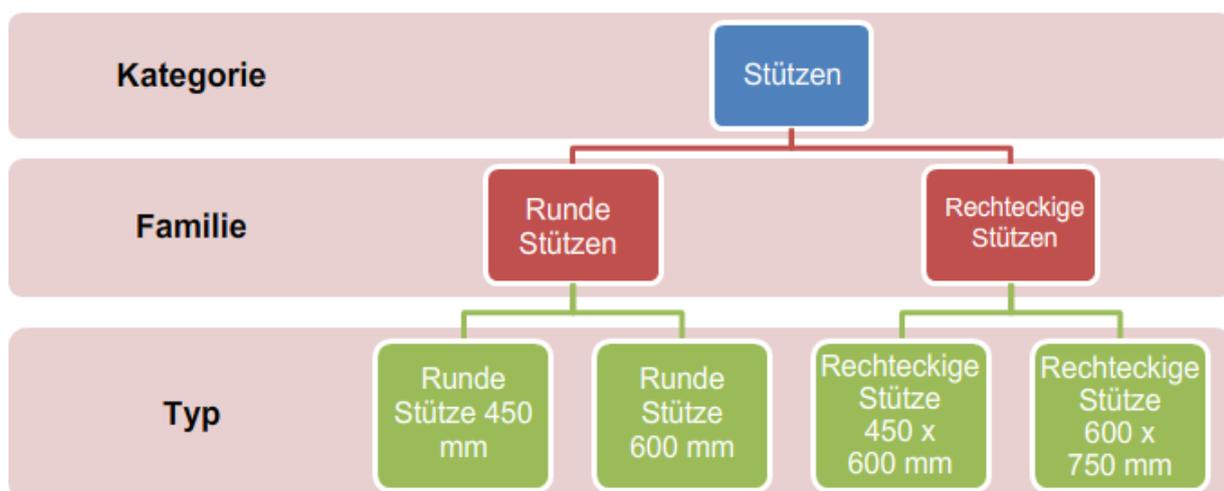


Abbildung 3-2 Elemente in Revit – Ein Überblick der Objektstruktur am Beispiel von Stützen

³⁷ Vergleiche: Autodesk, <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=19729180&siteID=123112>, zuletzt abgerufen am 24.3.2013.

Diese Struktur bietet, neben einer guten Übersichtlichkeit, eine hohe Flexibilität des Modells. Also die Möglichkeit, in einem späten Stadium des Planens, relativ große Änderungen, mit verhältnismäßig wenig Aufwand zu realisieren, was bereits im Punkt 2.4 als eine Stärke von BIM beschrieben wurde.

3.4 Was ist neu in Revit 2013?

Autodesk Building Design Suite

Die neue Building Design Suite von Autodesk ist die neue Version von Revit, die die Werkzeuge für die Bereiche Architektur, Ingenieurbau und Gebäudetechnik zusammenfasst. Damit steht dem Nutzer eine breitere Palette an Möglichkeiten zur Modellierung zur Verfügung. Vor allem aber soll damit die Zusammenarbeit der drei Disziplinen verbessert, und die Konsistenz der Modelle weiter erhöht werden.³⁸

Konfiguration der Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche kann vom Nutzer mit einer Autorisierung des BIM-Managers geändert werden. Auch kann ein BIM-Manager vorkonfigurierte Oberflächen für bestimmte Benutzergruppen anlegen, in denen nur die benötigten Werkzeuge zur Verfügung stehen. Wenn die Rechte der Nutzer hierdurch nicht zu sehr eingeschränkt werden, ist dies sicherlich gerade für Planer, die keine langjährige Expertise aufweisen, ein großer Gewinn an Übersichtlichkeit und Sicherheit.

Suite-Arbeitsabläufe

Die Suite bietet eine Funktion zum Exportieren von Projekten in die Programme 3ds Max Design und Showcase, wodurch sich neue Möglichkeiten der Präsentation ergeben.

³⁸ Vergleiche diesen und folgende Abschnitte mit der Produkthilfe Autodesk WikiHelp.

Allgemeine Neuerungen

Projektvorlagen: Durch leichteren und übersichtlicheren Zugriff auf Projektvorlagen wird der Einstieg in Revit erleichtert.

Projektbrowser durchsuchen: Autodesk hat den Projektbrowser um eine Suchfunktion erweitert. Mit ihr kann man durch einen Rechtsklick im Browser gezielt nach Einträgen suchen. Allerdings muss darauf geachtet werden, auf einen Begriff innerhalb des Projektbrowsers zu klicken, nicht auf den Browser selbst. Dabei muss nicht unbedingt der Oberbegriff gewählt werden, in dessen Kategorien gesucht werden soll, sondern ein beliebiger Begriff. Die Suche funktioniert unabhängig vom gewählten Wort, allein die Reihenfolge der Treffer hängt von ihm ab. Gerade für sehr komplexe Projekte ist diese Funktion sehr hilfreich.

Verbesserung der Arbeitsaufteilung: Es wurde eine neue Funktion für interaktive Benachrichtigungen geschaffen. Diese erlaubt es, Berechtigungen direkt zu gewähren oder zu verweigern. Außerdem werden die angeforderten Elemente automatisch im Zeichenbereich hervorgehoben. Diese neue Funktion wird sicher einiges an Zeit und Aufwand sparen, da mit Berechtigungen nun schneller umgegangen werden kann. Zudem sieht ein nun Planer sofort, um welchen Bereich es sich handelt und kann schnell entscheiden, ob es sinnvoll ist, diesen freizugeben.

Zoom alles: Durch einen Doppelklick auf das Mousrad (Maus 3), wird der Ansichtsbereich so angepasst, dass alle Projektinhalte sichtbar sind.

Ansichtstypen: Es ist nun möglich, benutzerdefinierte Ansichtstypen für Draufsichten (Grundrisse, Deckenpläne, Tragwerkspläne), 3D-Ansichten, Legenden und Bauteillisten sowie für Ansichten, Schnittansichten und Zeichenansichten zu erstellen. Nur für Pläne und Flächenpläne ist dies also nicht möglich. Mithilfe von Ansichtstypen sind Grafikeigenschaften und Ansichtsvorlagen schnell auf neue Ansichten anwendbar. So können Sie beispielsweise einen Ansichtstyp für Möbel im Grundriss erstellen und festlegen, dass immer eine bestimmte Ansichtsvorlage auf diesen Ansichtstyp angewendet werden soll. Bei der Erstellung oder bei der Verwaltung von Ansichtsvorlagen wurde ein Filter für Ansichtstypen integriert (siehe Abbildung 3.3).

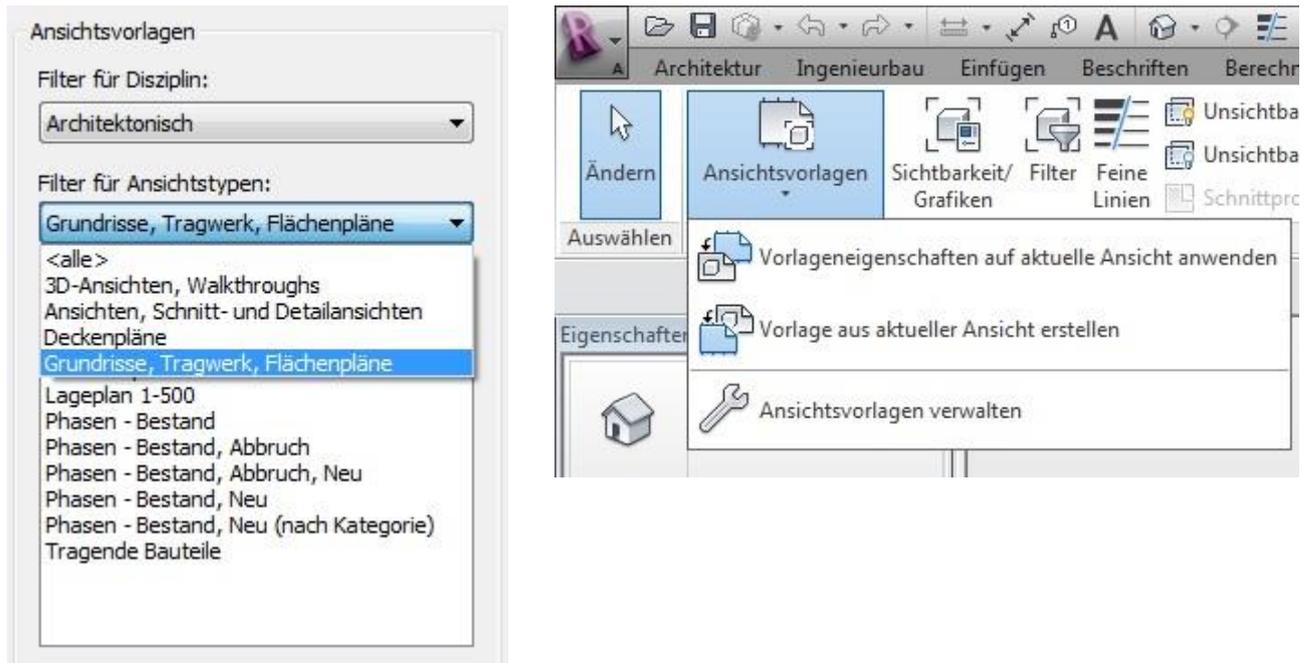


Abbildung 3-3 Filter für Ansichtstypen – für fast alle Ansichten sind nun Ansichtstypen erstellbar

Ansichtsvorlagen: Das Konzept der Ansichtsvorlagen wurde überarbeitet. Es können nun Ansichtsvorlagen bestimmten Ansichten zugewiesen werden. Dies ist aber nicht dauerhaft – die Vorlage kann verändert oder wieder von der Ansicht gelöst werden. Wird eine Vorlage nach der Verbindung zu einer Ansicht modifiziert, so werden alle Ansichten geändert, die diese Vorlage verwenden. Eigenschaften, die durch die zugewiesene Vorlage definiert sind, lassen sich dann allerdings nicht mehr in der Eigenschaftspalette der Ansicht verändern.

Filterliste für Disziplin: Wie in Abbildung 3.3 zu sehen, ist es jetzt möglich, Kategorien mithilfe der Filterliste nach Disziplinen zu suchen.

Bemaßungen: Mit der Tabulatortaste lassen sich einzelne Teile einer Gruppierung auswählen. Durch mehrfaches Betätigen der Tabulatortaste rotiert die Auswahl bei Objektgruppen zwischen allen sinnvollen Alternativen – abhängig von der Position des Cursors und dem angezeigten Bereich. Bei Bemaßungen wechselt die Auswahl hingegen lediglich zwischen dem Element unter dem Cursor und der gesamten Bemaßungslinie hin und her. Dies reicht jedoch aus, um einzelne Teile auszuwählen und zu löschen. In früheren Versionen war das noch nicht möglich.

Ebenfalls können nun Durchmesser bemaßt werden. Ein entsprechendes Symbol wurde eingeführt.

Bei äquidistanten Bemaßungen kann wie immer festgelegt werden, dass der Abstand zwischen den Objekten nach dem Verschieben eines Objekts gleich bleiben soll. Neu ist, dass der EQ-Text³⁹ ersetzt werden kann. So ist es möglich, den tatsächlichen Abstand anzeigen zu lassen – so wie es der Fall ist, wenn keine Abhängigkeit besteht – oder auch einen eigenen Text anzugeben, der über alle Segmente verläuft. Ein Beispiel hierfür, entsprechend der Abbildung 3.4 wäre: „3 x 50cm = 150cm“.

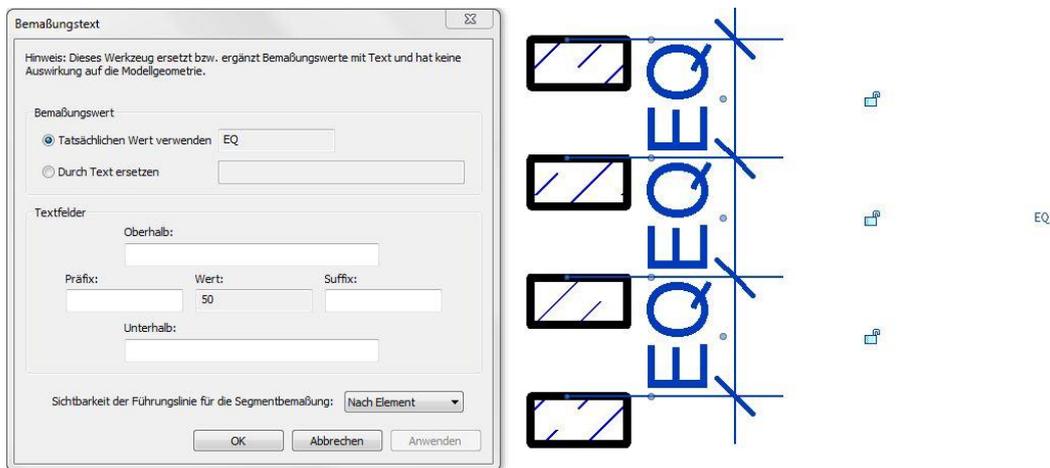


Abbildung 3-4 Bemaßungstext – Anstelle der EQ-Anzeige ist der Bemaßungstext jetzt frei wählbar.

Bearbeiten von Familien: Durch Doppelklick auf ein Exemplar einer Familie öffnet sich jetzt der Familieneditor, in dem diverse Eigenschaften der Familie geändert werden können. Für Tragwerksstützen könnten beispielsweise die Sichtbarkeit, das Material, sowie ID-Daten und sonstige Feinheiten modifiziert werden.

Ansichtsreferenzen: Ansichtsreferenzen sind jetzt in beliebigen Projektansichten platzierbar, mit Ausnahme von Bauteillisten und Projektansichten. Ansichtstyp und Zielansicht können, wie in Abbildung 3.5 zu sehen, auch nach dem Platzieren noch geändert werden.



Abbildung 3-5 Ansichtsreferenzen – Die Flexibilität von Ansichtsreferenzen wurde erhöht

³⁹ EQ: equal, engl.: gleich

Visualisierungsgrafiken

Hintergrund: Der Hintergrund für Ansichten, Schnitte, Isometrien und perspektivische 3D-Ansichten kann nun geändert werden. Es kann entweder ein Farbverlauf mit drei selbst bestimmbaren Farben (in Revit "Himmel" genannt), oder ein eigenes Bild eingestellt werden (siehe Abbildung 3.6). Dies ist für alle Bildstile, bis auf Drahtmodell und Raytracing-Renderings, möglich. Allerdings verharrt der sogenannte Himmel, oder das eigene Bild statisch im Hintergrund und passt sich nicht der Sicht an. Für Seitenansichten und Aufrisse mag dies noch in Ordnung sein, doch für alle anderen Anzeigarten ist diese Lösung nicht flexibel genug, um einen Eindruck eines Himmels im Hintergrund zu erzeugen. Eine Skybox würde ein deutlich besseres Ergebnis liefern, da der Hintergrund dann aus jeder Perspektive sinnvoll dargestellt werden würde.

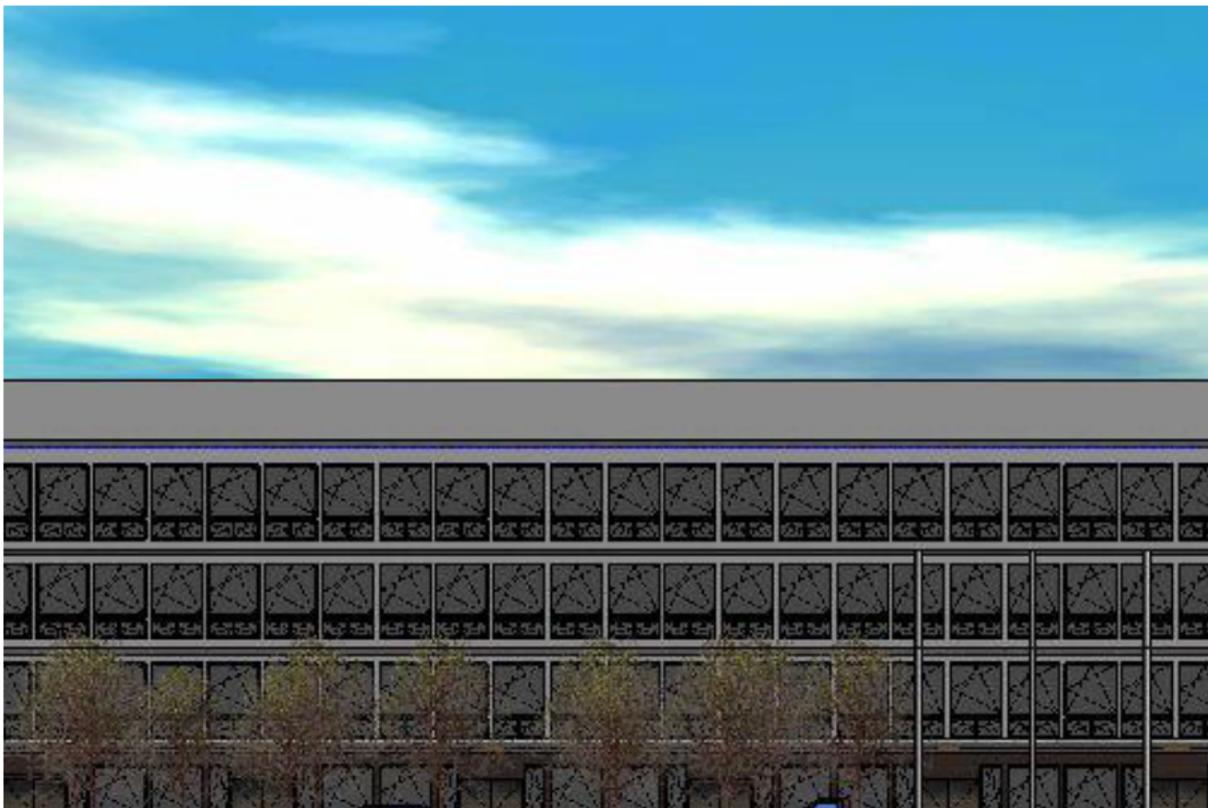


Abbildung 3-6eigenes Bild im Hintergrund – In Seitenansichten kann ein eigenes Hintergrundbild gut aussehen, in den meisten anderen Fällen jedoch passt der statische Himmel nicht ins Bild.

Schieberegler für Oberflächentransparenz: Ghost-Flächen und transparente Überschreibungsfunktionen wurden durch einen Schieberegler ersetzt, der die Transparenzstärke in Perzentile unterteilt. So lässt sich die Darstellung ganz nach Wunsch ändern – wobei die Stärke null für opak steht und die Stärke 100 dem Drahtmodell entspricht. Dies lässt sich entweder für bestimmte Ansichten, oder bei Rechtsklick auf ein Objekt, für Elemente, Kategorien oder Filter anwenden.

Unterstützung von WARP: Wird die Hardwarebeschleunigung deaktiviert, so wird die Rechenleistung von der Grafikkarte auf die CPU transferiert. Unter Windows XP verwendet Revit OpenGL, wodurch das Programm deutlich langsamer arbeitet, und aufwendige Berechnungen, wie der Grafikstil „Realistisch“, Oberflächentransparenz, Umgebungsokklusion und Anti-Aliasing nicht angeboten werden. Unter Windows 7 verwendet Revit jetzt die Windows Advanced Rasterization Platform (WARP). Damit laufen Berechnungen zwar nicht so schnell wie mit aktivierter Hardwarebeschleunigung ab, aber dennoch schneller als mit OpenGL. Alle oben genannten Optionen stehen jetzt unter Windows 7 auch ohne Verwendung der Grafikkarte zur Verfügung.

Anti-Aliasing: Für alle Ansichten soll es besseres Anti-Aliasing für glattere Kanten geben. Wie in Abbildung 3.7 zu sehen, bleibt aber noch einiger Platz für Verbesserungen.

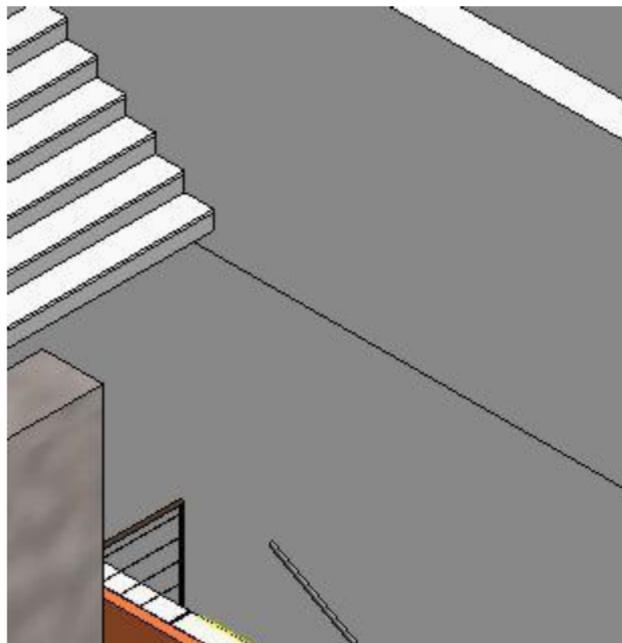


Abbildung 3-7 Anti-Aliasing – Im Grafikstil Realistisch machen Kanten oft keinen glatten Eindruck, wie hier besonders am Handlauf zu sehen.

Bildstil Realistisch: Es werden Objekte bei Drehung des Modells in unterschiedlichen Lichtverhältnissen angezeigt. Auch kann künstliche Beleuchtung und fotografische Belichtung hinzugefügt werden. Durch die künstlichen Farben kann der Ausdruck eines Bildes stark beeinflusst werden.

Bildstil Raytracing: Ein Bildmodus zum fotorealistischen Rendern wurde mit Raytracing eingeführt. Leider wird dieser nur von 64-Bit-Systemen unterstützt.

Materialien

Eine große Neuerung ist das neue Datenmodell von Revit, das Materialien neben einer Textur, ein statisches und thermisches Verhalten zuweist. Diese Eigenschaften können für verschiedene Verwendungszwecke auf Projekte angewendet werden. Unter anderem für Renderings oder für statische oder energetische Analysen. Dieses Datenmodell hat Autodesk einheitlich in seine Programme Revit, AutoCAD und Inventor integriert, sodass zwischen diesen ein konsistenter Datentransfer möglich ist.

Import und Export

DGN-Export und -Import: Die Unterstützung für das Format DGN wurde hinzugefügt. Hiermit können Ebenen, Linien, Linienstärken, Muster, sowie Text und Schriftarten gespeichert und zwischen Projekten übertragen werden. Importierte Objekte aus AutoCAD Architecture werden allerdings nicht unterstützt.

Importieren und exportieren von IFC: Die Anzahl der zu exportierenden Oberflächenmodelle wurde reduziert, um eine bessere Leistung zu erzielen. Durch die geringere Größe der IFC-Dateien ergeben sich Vorteile für viele Anwendungen. Folgende neue Elemente werden außerdem unterstützt: Baugruppen, Teilelemente und Fassaden in Körpermodellelementen.

Konstruktionsmodellierung

Teilelemente: Es wurden neue Funktionen für Teilelemente geschaffen. So ist es jetzt möglich flexibel mit Teilelementen umzugehen – sie können zusammengeführt und zu Gruppen zusammengefasst werden. Auch können anschließend Teilelemente wieder aus einem Projekt ausgeschlossen werden. Sie können jetzt aus geladenen Familien und aus Originalelementen in einer Revit-Verknüpfung erstellt werden.

Baugruppen: Für Baugruppen wurden sechs neue Ansichtsoptionen hinzugefügt (siehe Abbildung 3.8). So lassen sich jetzt – von jeder Seite aus – Detailschnittansichten an den Außenseiten des Baugruppen-exemplars erstellen. Diese Ansichten lassen sich wiederum in Projektpläne und Projekt-ansichten in Baugruppenplänen einfügen. Zudem wird jetzt zu jeder Baugruppe ein lokaler Ursprung erstellt, mit dem unter anderem bestimmt wird, wie die Baugruppengeometrie in Ansichten angezeigt wird.

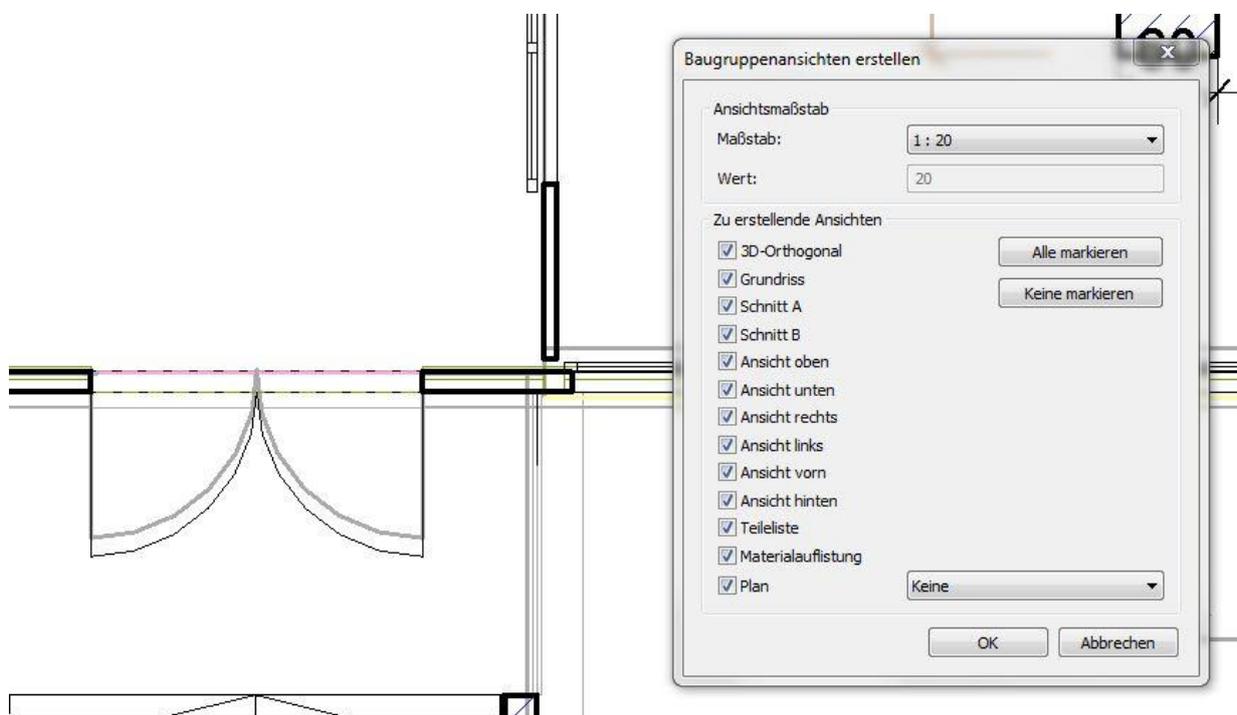


Abbildung 3-8 Baugruppenansicht erstellen – in diesem Fenster finden sich jetzt mögliche Ansichten von allen Seiten.

Neuerungen im Bereich Architektur

Treppe nach Bauteil: Es wurde ein neues, alternatives, bauteilbasiertes Treppenwerkzeug erstellt. Hiermit können Treppen aus einem Treppenlauf, einem Podest, sowie Auflagerbauteilen zusammengestellt werden. Diese Methode, Treppen zu erstellen ist simpel und eingängig, und eignet sich besonders für einfache Treppen. Es kann zwischen geraden, spiralförmigen, Eck-, und U-förmigen Treppen gewählt werden. Die Höhe wird angepasst, sodass eine ganzzahlige Anzahl an Stufen mit der vorgegebenen Höhe zustande kommt, was bei Fertigbauteiltreppen je nach Projekt mehr oder weniger sinnvoll scheint. Ein Podest verbindet zwei Treppenläufe mit zwei Klicks auf die entsprechenden Bauteile. Bei mehr als zwei Läufen muss allerdings die gewünschte Form skizziert werden. Für neue Entwürfe ist dies also eine praktische Variante, um einfache Treppen schnell zu modellieren. Stehen dem BIM-Anwender allerdings die Pläne für die Treppen schon digital zur Verfügung, so ist die bewährte Methode - Treppe nach Skizze – natürlich die einzig sinnvolle, da hier die bestehenden Linien verwendet werden können.

Geländer: Das Werkzeug Geländer enthält jetzt neue Elemente und erzeugt bessere Übergänge zwischen Geländern. Wie in Abbildung 3.9 links zu sehen ist, funktioniert die Generierung tatsächlich sehr gut, leider wurden aber Geländer manchmal nur in der allgemeinen „{3D}-Ansicht“ angezeigt. In allen anderen selbstgenerierten 3D-Ansichten blieben diese dann unsichtbar, auch wenn die Grenze des Schnittbereichs nicht in der Nähe der betreffenden Treppen lag und sonstige Randbedingungen, wie etwa die Sichtbarkeit, gleich eingestellt waren.

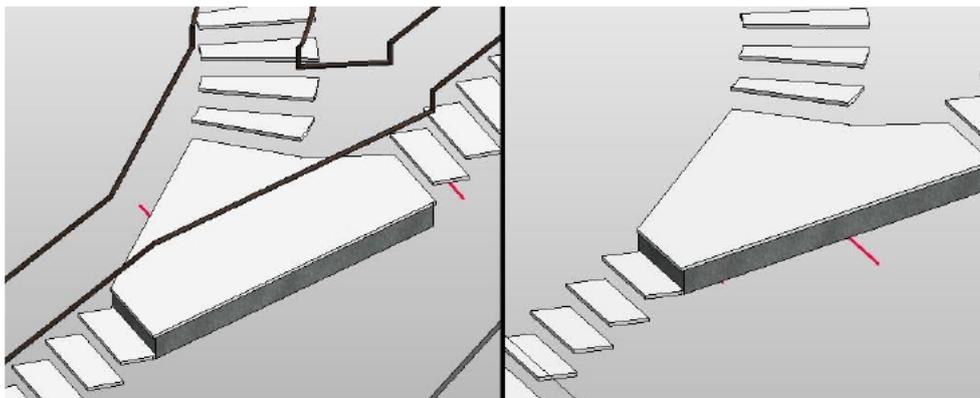


Abbildung 3-9 Treppengeländer – links: Darstellung in der Ansicht {3D}, rechts: gleiche Szene in der eigenen Ansicht EG 3D

Änderung der Multifunktionsleiste: Die Registerkarte „Start“ trägt nun den Namen „Architektur“.

Auswahlsätze: In Revit Architecture stehen jetzt Auswahlsätze zur Verfügung, wie es sie schon in Revit Structure gab. Unter dem Reiter „Verwalten“, lässt sich nun eine Auswahl erstellen. Grafikeinstellungen lassen sich dann für diese Auswahl anwenden, isolieren oder ausblenden. Die Auswahl kann auch zu einem späteren Zeitpunkt wieder geladen und editiert werden.

Auch für die Suiten Revit Structure, sowie Revit MEP wurden einige Neuerungen entwickelt – sogar deutlich mehr als für den Bereich Architektur. Denn diese Suiten sind noch nicht so lange auf dem Markt und befinden sich noch stärker im Entwicklungsprozess. So erschien Revit Structure erst 2008 – vier Jahre nach dem Release von Autodesk Revit. Da allerdings in dieser Thesis der Fokus auf der Architektur liegt, wird auf Erläuterungen von Entwicklungen verzichtet, die ausschließlich den Ingenieurbau oder die Gebäudetechnik betreffen.

3.5 Systemanforderungen

Die nötigen Mindestanforderungen, sowie die empfohlenen Werte für die Hardwareleistung sind – verglichen mit der Revit Architecture 2012 – gestiegen. Alle Anforderungen folgen in Tabelle 3.1:

Tabelle 3.1: *Systemanforderungen*

	Minimum	Empfohlen	Optimal
Betriebssystem	Windows XP, SP2, Windows 7 32-bit	Windows 7 64-bit	Windows 7 64-bit
CPU	Intel Pentium 4	Zwei Kerne	Multi-Core
Arbeitsspeicher	4 GB (bis 100MB Model)	8 GB (bis 300MB Model)	16 GB (bis 700MB Model)

	Minimum	Empfohlen	Optimal
Bildschirm- auflösung	1280 x 1024	1680 x 1050	1920 x 1200
Video Adapter	24-bit-fähiger Adapter	DirectX 10, Shader Model 3	DirectX 10, Shader Model 3
Festplatte	5 GB freier Speicher	5 GB freier Speicher	5 GB freier Speicher, über 10000 RPM für Punktwolken

Die Werte in der Tabelle 1 geben ein Beispiel an, und können durch andere gleich- oder höherwertige Produkte ersetzt werden. Revit kann seine Berechnungen auf bis zu 16 Kerne verteilen, um nahezu fotorealistische Renderings zu erzeugen. Zusätzlich zu den oben verglichenen Werten, wird ein Browser, sowie eine Internetverbindung zur Registrierung für den Support und die Hilfe benötigt.

Für Revit Server, welches auf Microsoft Windows Server 64-Bit 2008 oder 2012 läuft, liegen die Voraussetzungen wiederum über denen für Revit Architecture, sie hängen aber selbstverständlich von der Anzahl der Nutzer ab, die mit dem Server in Verbindung stehen.

Die Rechenumgebung, die für die Modellierung des Nordgebäudes der TU München verwendet wurde, ist im Anhang A detailliert einsehbar. Insgesamt lief Revit relativ flüssig, nur das Speichern dauerte mit ansteigender Größe des Modells länger und zum Schluss etwa fünf Sekunden. Auch stürzte Revit in seltenen Fällen ab und wurde beendet, was wiederum häufigeres Speichern erforderte. Eine nicht flüssige Darstellung des Modells trat nur bei der realistischen Darstellung von Bepflanzungen in 3D-Ansichten auf, weshalb Vegetation auf einem mit der Testumgebung vergleichbaren System in realistischen Ansichten ausgeblendet werden sollte.



Kapitel 4

4 Modellierung des Gebäudes N1 am Stammgelände der TU München

4.1 Die Geschichte des Nordgeländes

Um dem Leser das Nordgebäude näher zu bringen, soll das darzustellende Gelände kurz lokal definiert und vorgestellt werden. Das Nordgelände – das im Norden durch die Heßstraße, im Osten durch die Arcisstraße, im Süden durch die Theresienstraße und im Westen durch die Luisenstraße begrenzt wird – wurde 1963 neu geplant und daraufhin als weiterer Teil der TH (ab 1970 TU⁴⁰) München aufgebaut, nachdem 1957 schon der Standort Garching durch die Aufnahme des Forschungsreaktors begründet wurde. Da die Studierendenzahl immer weiter anstieg, wurde die Hochschule gezwungen, sich auch räumlich auszudehnen. Im Bebauungsplan von 1963 (siehe Anhang B) sind bereits alle sechs Gebäude in ihrer heutigen Bauform zu finden. Seither wurde die Struktur innen allerdings immer wieder leicht verändert, indem unter anderem Wände und Stützen hinzukamen und eingerissen wurden. Daher sind Pläne aus verschiedenen Jahren folglich nicht konsistent. Für die Modellierung des BIM-Modells habe ich immer die aktuellste Version der mir vorliegenden Pläne verwendet. Die Aktualität habe ich hierbei durch den Vergleich der Pläne mit dem Baubestand geschätzt, was für eine chronologische Reihung ausreichend war. Zur Eingliederung in ein übergeordnetes Koordinatensystem sind folgende Zahlen für das Stammgelände der TU gegeben⁴¹: Es liegt 517,48m über NN, die geographische Breite ist 48°08'56,4", die geographische Länge 11°34'11,6" Ost.

Im Folgenden werden die Teilschritte zur Modellierung des Gebäudes beschrieben.

⁴⁰ Vergleiche TU München, http://portal.mytum.de/tum/geschichte/index_html, zuletzt abgerufen am 24.3.2013.

⁴¹ Vergleiche TU München, <http://www.tum.de/die-tum/die-universitaet/die-tum-in-zahlen/>, zuletzt abgerufen am 24.3.2013.

4.2 Akquirieren, Ordnen und Importieren der Pläne

Da von dem betrachteten Gebäude sehr genaue Pläne existieren, war die erste Aufgabe deren Beschaffung. Das Ergebnis war eine heterogene Mischung diverser Baupläne in verschiedenen Maßstäben, unterschiedlichem Detailgrad und zu verschiedenen Regionen. Zudem waren die Stile, sowie der Stand der Pläne ungleich. Also mussten die Pläne nach Güte geordnet werden. Als Gütekriterien wurden der Detailgrad des Nordgebäudes, sowie der Stand der Pläne am stärksten gewertet. Der Import der (.dwg-) Dateien funktionierte mit Revit reibungslos. Allerdings lagen einige der Dateien nur als Importsymbol vor. Diese können bei mehr als 10000 Elementen nicht teilweise aufgelöst werden, sodass mit ihnen nicht im gewohnten Funktionsumfang gearbeitet werden kann. Bei Plänen, die das gesamte Stammgelände der TU München abbilden, besteht ein Plan aus etwa 60000 Elementen, wodurch diese also nicht aufgelöst werden können. Diese harte Grenze von Revit kann leider nicht manuell verändert werden.

4.3 Fundamente und Geschossdecken

Das Fundament habe ich in einer Breite von 30cm gewählt. Den Geschossdecken habe ich eine Dicke von 20cm zugewiesen. Bei der Straße bin ich von 10cm, bei den verschiedenen Pflastersteinen von 5cm Stein auf 15cm Beton ausgegangen. Die Modellierung gestaltet sich hier dank dem zweidimensionalen Charakter der Geschossdecken denkbar einfach. Auch Streifenfundamente können per Mausclick an tragende Wände angehängt werden. Der Standardüberstand ist 30,48cm, unabhängig von der Wanddicke.

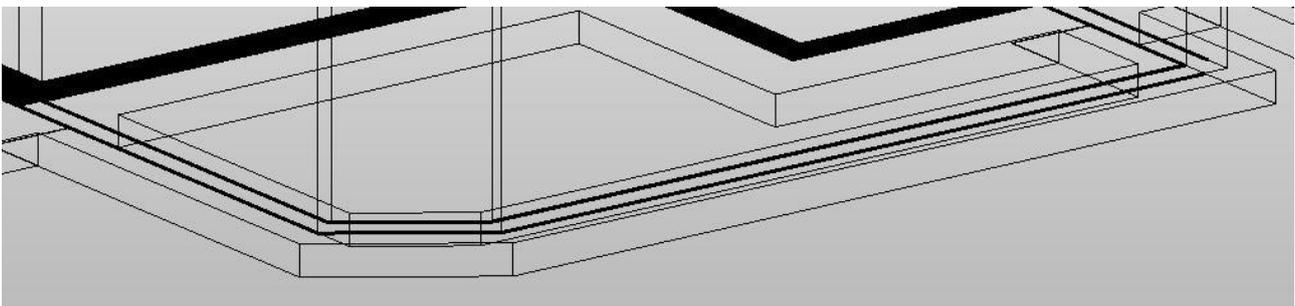


Abbildung 4-1 Streifenfundamente – Streifenfundamente an einer 25cm breiten Stahlbetonwand

4.4 Wände

Die meisten tragenden Wände im Nordgebäude bestehen aus Beton. Zwischen den Büros und dem umlaufenden Gang sind die Wände ein Ziegelsteinmauerwerk, das alle 1,83 m von einer Stahlbetonstütze unterbrochen wird (siehe Abbildung 4.2).



Abbildung 4-2 Wände im Nordgebäude - zwischen Büros und dem Flur bestehen die Wände aus einem von Betonsäulen gestützten Mauerwerk.

Das Modellieren der Wände gestaltet sich einerseits sehr einsteigerfreundlich, ist aber auf der anderen Seite gleichzeitig durch die vielen Einstellungsmöglichkeiten auch für erfahrene Benutzer durch die vielen Einstellungs-möglichkeiten sehr gut geeignet. So lassen sich beispielsweise diverse Objektfang- und Rasteroptionen einstellen. Schon nach kurzer Zeit entwickelt sich automatisch ein fließender Umgang mit dem Wand-Werkzeug. Dazu hilft auch, dass Wände immer rechts der Zugrichtung gezeichnet werden. Wird also eine Wand entlang ihrer Achse nach rechts gezogen, so klappt sie nach unten auf. Beginnt man hingegen am rechten Ende, so wird die Wand über der gezogenen Linie dargestellt. Der Wandaufbau kann ebenfalls leicht nach den eigenen Wünschen gestaltet werden. Hierbei können die Materialien und Schichtdicken frei gewählt werden. Bestimmten Materialien können außerdem eigene Eigenschaften – wie Wärmekapazität oder Widerstand – zugewiesen werden. Auch kann bestimmt werden, ob Materialien tragend sind, also ob sie bei statischen Berechnungen berücksichtigt werden sollen. Bei Bedarf können Materialien auch neu definiert werden. Hierbei können vorgefertigte Eigenschaftensätze geladen werden, aber auch eine komplett manuelle Zuweisung von jeglichen Eigenschaften ist möglich.

Texturen werden in Revit auf Materialien und nicht direkt auf Wände angewandt. Die Darstellung ergibt sich immer aus dem obenliegenden Material und kann nicht auf andere Weise geändert werden. Auch das Verhalten der gesamten Wand berechnet sich aus den Eigenschaften der einzelnen Schichten und kann folglich nicht direkt geändert werden. Um das Verhalten an Ecken, Wandkreuzungen und komplexeren dreidimensionalen Strukturen zu bestimmen, werden Wandschichten Prioritäten zugeschrieben. Somit wird sichergestellt, dass wichtige Schichten, wie z.B. tragende Wände, nicht von Schichten niedrigerer Priorität durchkreuzt werden.

4.5 Wandöffnungen

Wandöffnungen dienen zum Erstellen von Aussparungen. Bei Türen und Fenstern sind die Abzugsformen bereits in den Familien vorhanden. Das hat den großen Vorteil, dass nicht erst ein Loch in die Wand geschnitten werden muss, bevor ein Fenster platziert wird. Es bedarf aber auch manchmal einfacher Wandöffnungen, ohne Türen oder ähnlichen Elementen. Diese kommen im Beispielmmodell vor allem im Erdgeschoss vor, da dort wegen des hohen Studentenaufkommens weniger Türen sind, als in den restlichen Stockwerken. Auch für die Aufzugtüren mussten Aussparungen manuell hinzugefügt werden, da diese bei dem Modell der Aufzugtüren – anders als bei den Türfamilien – nicht vorhanden sind.

4.6 Texturen

Autodesk bietet dem Nutzer mit Revit 2013 knapp 1000 Texturen, die besonders für Wände und Böden geeignet sind. Es sind aber auch Gitter-, Textil-, Gras- oder Dachziegeltexturen verfügbar. Sie sind in einem sehr sauberen und makellosen Stil erstellt worden, um kleine Ausschnitte verwenden zu können, ohne Auffälligkeiten beim Kacheln zu erzeugen. Größtenteils sind die Texturen in x-, sowie in y-Richtung kachelbar. Zusätzlich gibt Autodesk zu einigen ihrer Basemaps – also den eigentlichen Texturen – auch eine Hightmap für das unterstützte Bumpmapping (siehe Abbildung 4.3). Diese sind zwar nur mittels einfacher Bildtransformationen durch eine angepasste Helligkeit und einen geänderten Kontrast erstellt worden, aber erfüllen ihren Zweck mehr als ausreichend gut. Ein Beispiel einer Base- und

zugehörigen Bumpmap von Autodesk zeigt Abbildung 4.3. Auch Alphamapping, also die Darstellung von transparenten Bereichen in einer Textur, wird unterstützt. Dazu befindet sich bei entsprechenden Texturen, wie Gittern oder Mauerwerkswänden mit Aussparungen, auch eine passende Alpha-Textur neben den Basemaps, die das Namenssuffix "cutout" erhalten haben. Die Texturen liegen nicht verschlüsselt auf der Festplatte, sondern der Nutzer kann direkt auf die .jpg- und .png-Dateien zugreifen. Diese befinden sich unter "Programme/Common Files/Autodesk Shared/Materials/Textures/...". Ihre maximale Auflösung beträgt 1024 x 1024 Pixel, sie werden aber auch in den Auflösungen 512 x 512 und 256 x 256 vorgehalten. Nach ihrer Auflösung geordnet liegen die Texturen in den Unterordnern des oben angegebenen Pfads. Im ersten Ordner, genannt "1", finden sich die kleinsten Varianten der Bilder, im Ordner "3" die größten. Eigene Texturen lassen sich auch mit noch größeren Abmessungen importieren.

(a) Basemap



(b) Bumpmap bzw. Hightmap

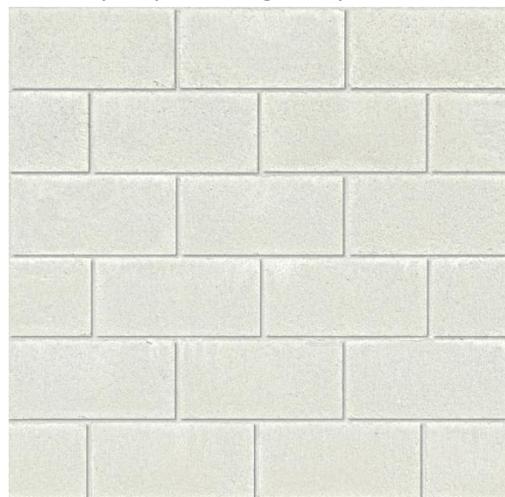


Abbildung 4-3 Textur eines Mauerwerks – zu einigen Texturen gibt Autodesk eine Bumpmap

4.7 Profilierte Wände

Um profilierte Wände zu erstellen, muss zunächst eine neue Familie im Familieneditor gezeichnet werden. Dazu eignet sich am besten die Vorlage "M_Profil (Sweep)". Die fertige Familie kann gespeichert und in das Projekt geladen werden, wo sie dann unter "Typ bearbeiten/Profile" neben den Standardprofilen aufgelistet wird.

4.8 Fenster und Türen

Fenster und Türen können sehr einfach platziert und mit dem Familieneditor bearbeitet werden. Im Gegensatz zu anderen Modellierungsprogrammen ist die Einbauhöhe bereits im Typ festzulegen, und nicht im Zeichenbereich editierbar. Dies erwies sich als eine nützliche Restriktion bei größeren Projekten, bei denen Fenster in der immer gleichen Höhe eingebaut werden sollen.

4.9 Eigene Familien erstellen

Ebenso wie Fenster und Türen, sind alle Arten von Objekten in eigenen Familien modellierbar. Die Funktionen des Familieneditors ähneln klassischen Modellierungsprogrammen und erinnern dabei an das hauseigene Autodesk Softimage (früher Softimage|XSI). Allerdings beinhaltet der Familieneditor auch viele Funktionen der Projektansicht, wie das Einfügen von Bemaßungen und Bauteilen, oder das Festlegen der Arbeitsebene. Dank parametrischer Modellierung bleibt das erstellte Modell außerdem für spätere Änderungen an den gewünschten Punkten flexibel. Für komplexe Modelle eignen sich verschachtelte Familien. Dabei wird das fertige Modell nicht in ein Projekt, sondern in eine andere Familie geladen. Das fördert die Übersichtlichkeit und hilft vor allem, wenn die Referenzebene zweier Objekte nicht gleich sein soll. Im Gegensatz zu einer Projektansicht sind hier auch unlogische, in sich inkonsistente Modelle möglich. So kann beispielsweise ein Körper ohne Volumeninhalt erstellt werden. Dies bietet dem Anwender viel Freiheit, birgt aber auch Risiken und ist nicht für alle Anwendungen brauchbar. Ein volumenloser Vorhang etwa kann visuell berechnet und monitär bewertet werden und so zu Präsentations- und Kostenermittlungszwecken dienen. Bei einer Wärme- und Energiebetrachtung allerdings wird ein solcher Gegenstand ignoriert werden. Unvorteilhaft ist auch, dass bei unvorsichtigem Arbeiten eine kurze Linie oder ein Punktelement leicht übersehen werden kann, wodurch im Projekt dann wiederum ein Fehler durch Überschneidungen ausgelöst werden kann.

4.10 Zuweisen von Materialien auf Elemente

Materialien können auf verschiedenen Arten auf Objekte angewendet werden. Entweder gegliedert nach Kategorie oder Unterkategorie, nach Familien oder nach Elementparametern, sowie auf einzelne, ausgewählte Flächen. Kategorien sind hilfreich, um funktionsgleiche Objekte zu modellieren. Dabei gibt es bereits einige vorgefertigte Kategorien in Revit, wie etwa Fenster oder Türen. Unterkategorien bilden dann materialgleiche Elemente, wie Glas, Rahmen/Pfosten oder Öffnungen (Luft). Wird nach der Familie gegliedert, so können Familientypparameter auf Bestandteile eines Bauteils angewendet werden, wodurch hier das Material dieses Teils bestimmt wird. Eine weitere Methode ist die Änderung des Materials eines Elements mithilfe seiner Elementeneigenschaften, nachdem das Modellelement in einer Ansicht ausgewählt worden ist.⁴² Soll eine Seite eines Objekts eine andere Oberfläche, als die restlichen seiner Seiten, erhalten, wird das Texture-Application-Tool "Farbe" verwendet. Werden Materialien in eine Familie eingebunden und sind nicht im Projekt verankert, so wird es bei Erstellung einer neuen Familie nicht angezeigt. Doch kann dieses Problem umgangen werden, indem ein Element mit dem gewünschten Material ausgewählt, und in den zweiten Familieneditor kopiert wird. Das verbundene Material wird dann zusammen mit dem Objekt kopiert und ist auch für andere Bauteile verfügbar.

4.11 Energetische Betrachtung

Zur energetischen Betrachtung können einige Eigenschaften festgelegt werden. Beispielsweise der Gebäudetyp, der Standort des Modells und die Grundplatte. Mit solchen erweiterten Daten und dem Modell lässt sich eine Energiesimulation durchführen. Da diese aber sehr rechenaufwändig ist, wird sie nicht auf einem PC durchgeführt, sondern wird auf Server von Autodesk ausgelagert. Da diese Berechnungen Autodesk Geld kosten, muss eine aktive Lizenz vorliegen. Da diese nicht vorlag, war es nicht möglich eine Energiebetrachtung durchzuführen.

⁴² Vergleiche Autodesk WikiHelp.



Kapitel 5

5 Verbesserungsvorschläge für Revit

Bei der Erstellung des Modells sind einige Ideen entstanden, die den Prozess des Modellierens mit Revit besser und effizienter zu gestalten würden. Diese werden im Folgenden vorgestellt.

Wände: Neue Familie anlegen

Wird eine neue Wandfamilie erstellt, so betrachtet Revit den Namen entkoppelt von der Dicke, obwohl bei allen voreingestellten Wänden die Dicke immer hinten im Namen steht. Dieser so eingeführte Standard könnte intelligent genutzt werden, in dem der Name einer Wandfamilie ihre Dicke bestimmt. Wird also eine Wand "MW xx" genannt, so sollte automatisch eine xx cm-tiefe Mauerwerkswand erzeugt werden. Dies wäre vor allem bei Wänden sehr einfach zu realisieren, die nur aus einer Schicht bestehen. Aber auch bei mehrschichtigen Wänden wäre dies nützlich. Bei diesen gäbe es eine Reihe sinnvoller Optionen: Es könnten entweder alle Schichten proportional gestreckt werden, es könnten nur die tragenden Schichten oder ausschließlich die Kernschicht in ihrer Tiefe geändert werden. Eine Auswahl dieser Optionen könnte auch dem Nutzer überlassen werden, der dann die optimale Lösung für sein Projekt auswählen würde. Die genaue Zusammensetzung der Schichten wäre anschließend natürlich noch editierbar, würde aber sicherlich in vielen Fällen schon den Wünschen des Planers entsprechen. Für Anwender, die ein Gebäude im Bestand modellieren, könnte Autodesk sogar noch einen Schritt weiter gehen, und das Erstellen neuer Wand-Familien durch Ziehen der Wände im Grundriss zulassen. Die aktuelle Restriktion, Wanddicken mit der Maus nicht verändern zu können, mag zwar oft von Nutzen sein, sollte sich aber auch deaktivieren lassen.

Messen

Wenn sich der Cursor über einer Linie befindet (Mouseover), sollte sofort der Abstand zur nächsten parallelen Linie angezeigt werden. Zudem können Abstände in 3D-Ansichten nicht gemessen werden. Auch nicht, wenn die Kamera genau aus einer Himmelsrichtung auf das Modell sieht. Revit erkennt dies nicht, und lässt Messungen deshalb im 3D-Modus nicht zu. Hier könnte leicht nachgebessert werden. Außerdem wäre eine Abstandsmessung zwischen zwei Punkten, die sich nicht in einer zum Koordinatensystem parallelen Ebene befinden, auch sehr sinnvoll. Auch in diesem Fall wäre die Implementierung sehr einfach, da jedem Punkt Koordinaten zugewiesen sind. Es könnte also der euklidische Abstand mit Hilfe des Satzes von Pythagoras berechnet werden.

Copy and Paste

Es sollte unbedingt möglich sein, markierte Gegenstände in allen Ansichten in die Zwischenablage zu kopieren und sie mit dem Objektzentrum an der Stelle des Cursors wieder auf gleicher Höhe des Originals einzufügen.

Weiter werden bei Kopieren einer Wand ihre Fenster und Türen mitkopiert, selbst wenn sie nicht markiert waren. Diese Funktion ist eher als störend aufgefallen und würde besser gefallen, wenn sie deaktiviert werden könnte.

3D-View

Ein Punkt, an dem Autodesk sehr dringend arbeiten sollte, betrifft das Handling der Kamera. So sollte ihr Drehpunkt nicht in der Höhe fixiert sein. Die Kamera sollte sich also frei bewegen können, und nicht nur um einen Punkt in festgelegter Höhe oder ein Objekt. Wird ein Element markiert, so wird zwar der Drehpunkt in sein Objektzentrum gelegt, aber dennoch erlaubt die aktuelle Situation dem Benutzer leider nicht ohne viel Aufwand, das Modell aus allen gewünschten Punkten zu betrachten. Statt des Zoomens, sollte sich die Kamera auch selbst (nach vorne / hinten) bewegen lassen. Da dies leider noch nicht möglich ist, machen es manche Geometrien sehr schwer, modellierte Objekte zu betrachten und zu überprüfen. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 5.1 abgebildet. Ist ein Bild aus dem Gang auf die Treppe gewünscht, so ist die dargestellte transparente Lösung nur bei sehr kleinen Modellen oder Familien hilfreich. Bei komplexeren Gebäuden muss ein Schnitt im Modell erstellt werden, um die sichtblockende Wand auszublenden.

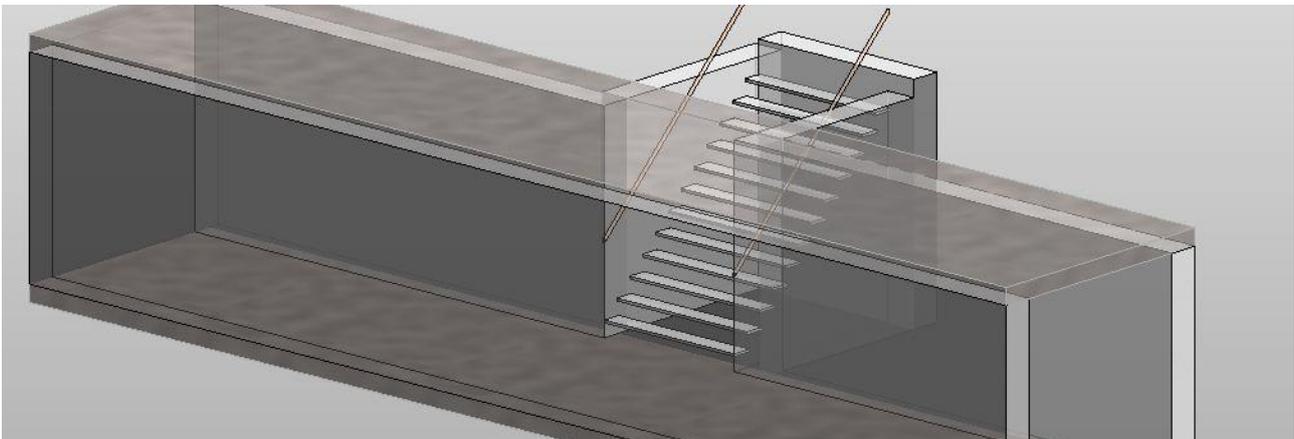


Abbildung 5-1 Gang mit Treppe – Details am Fuß der Treppe könnten bei komplexeren Modellen nicht ohne einen manuellen Schnitt betrachtet werden.

Wandöffnungen

Wandöffnungen können nur in Wänden platziert werden. Wird die Wand gegen eine andere ausgetauscht (auch bei gleichem Aufbau, gleicher Dicke, gleicher Art), so besteht die Wandöffnung zwar noch, jedoch schneidet sie kein Loch mehr in die neue Wand, da sie nicht der Wand zugehörig ist. Hier könnte Autodesk nachbessern und auch unabhängige Wandöffnungen erlauben.

Kleine Community

Die fehlende Community hat sich als ein großes Manko herausgestellt, da bei einem auftretenden Problem in Revit die Suche nach Lösungen im Internet sehr schwierig ist. Wird einer Fehlermeldung nachgegangen, so gibt es meist keine Foren, in denen diese behandelt werden. Die Suchmaschine Google findet im Juli 2012 auf Anfrage⁴³ einer offiziellen Revit-Funktion "Wand über Fläche" lediglich 7 Ergebnisse. Im Februar 2013 waren es immerhin 320 Ergebnisse.

Ausrichten

Wenn eine Wand bereits ausgerichtet wurde, sollte sich bei Veränderungen der Wandstärke immer die nicht ausgerichtete Linie verschieben. Zwar wäre das etwas speicheraufwändiger, da Revit sich merken müsste, welche Wände an welchen Linien ausgerichtet wurden, doch würde es dem Modellierer den Aufwand eines erneuten Ausrichtens ersparen. Bei einem Schließen des Programms könnten diese Daten dann aus dem Cache gelöscht werden.

Treppen

Leider muss nach dem Erstellen einer Treppe fast in jedem Fall manuell ein Loch in der darüber liegenden Geschossdecke erstellt werden. Leichter wäre es, wenn der Benutzer gefragt werden würde, ob Geschossdecke und Decke über einer Treppe entfernt werden soll. Sollte das Loch dann nicht automatisch die richtige Form erhalten, so könnte der Nutzer die Begrenzungslinie anschließend noch bearbeiten.

Handläufe sollten Podeste auch im Skizziermodus und nicht nur im Bauteilmodus erkennen. Sie sollten also im Skizziermodus flexible Steigungen und nicht nur eine konstante Steigung über die gesamte Treppenlänge annehmen können.

⁴³ Suchanfrage wörtlich: *Revit 2013 „Wand über Fläche“*.

Selektieren

Werden mit der Maus mehrere Objekte selektiert, über die ein Rechteck gezogen wird, so werden nur solche Objekte angewählt, die sich komplett innerhalb des gezogenen Rechtecks befinden. Gerade in Anlehnung an andere Programme könnte Autodesk eine zweite Möglichkeit einrichten, auch Objekte zu selektieren, die sich nur teilweise im markierten Bereich befinden.

Türen und Fenster

Sind mehrere Türen oder Fenster ausgewählt, so sollten sie sich gemeinsam auf die andere Seite der Wand spiegeln lassen.

Minimieren

Das Minimieren des Programms wird gesperrt, sobald ein Dialogfenster geöffnet ist. Unter Windows7 muss dann die Schaltfläche "Desktop anzeigen" verwendet werden, um Revit zu minimieren. Gerade da Revit oft mit sehr verschachtelten Eigenschaftsfenstern arbeitet, wäre es – ohne solchen Ausweg – dem Nutzer über lange Strecken nicht möglich, auf andere Dateien zuzugreifen. Doch ist der Zugriff auf Texte, Bilder oder das Internet oft von Nöten, um Einstellungen richtig vorzunehmen. Und alle Dialogfelder zu schließend und anschließend neu zu öffnen nimmt insgesamt einige Zeit in Anspruch. Die Schaltfläche Minimieren sollte also immer aktiv sein.



Kapitel 6

6 Aufgetretene Fehler

Während des Modellierens mit Revit ist eine Reihe von Fehlern aufgetreten. Im Folgenden werden die Wichtigsten davon beschrieben.

Copy and Paste

Bei Kopiervorgängen von asymmetrischen Gruppen, wurden diese manchmal um 180° gedreht eingefügt, obwohl die Funktion „Drehen nach Platzieren“ deaktiviert war.

Markieren

Bei einem Ansichtswechsel wurden selektierte Objekte in manchen Fällen deselektiert. Das ist allerdings nicht gewollt, sondern ein Fehler. Bei seinem Auftreten kann ein Neustart des Programms helfen.

Wände

Wände mit einer Tiefe von genau 15 cm erlaubten nicht das Setzen einer bestimmten Fensterfamilie. Wurde die Dicke nur um Millimeter variiert, war das Platzieren der Fenster möglich.

Versatz bei Auflösung von Elementen

Wenn Elemente nicht verbunden bleiben können, rücken die abgetrennten Teile (Wände, Wandöffnungen) wenige Zentimeter weg. Dieses verfälscht Daten und kann auch nachträglich manuell nicht mehr exakt korrigiert werden, da die ursprünglichen Positionen nicht mehr bekannt sind.

Fenster

Fenster werden willkürlich mittig oder seitlich angebracht. Zunächst wird beispielsweise ein Einbau in der Mitte und rechtsseitig angeboten, erst wenn der Benutzer mit Mouseover die rechtsseitige Lösung versucht umzusetzen, bietet Revit auch die linksseitige Lösung an.

Fehlermeldungen

Einige Fehlermeldungen enthalten selbst syntaktische oder semantische Fehler. Ein Beispiel ist die Fehlermeldung: *„Formelement kann nicht erstellt werden: Sich selbst schneidende oder Geometrie würde entstehen.“* In diesem Satz fehlt offensichtlich ein Wort. Ein weiteres Beispiel ist *„Basiswand, KS 8 kann zu dem Exemplar ‚Modellgruppe, Türgruppe 1‘. Grund/Gründe: Das Basisbauteil kann zu der Gruppe nicht hinzugefügt werden. Nicht hinzugefügt werden.“* Hier steht ein Satzteil an der falschen Stelle und der angegebene Grund sagt nicht mehr aus, als der erste Teil der Fehlermeldung.

Familieneditor

Das Werkzeug „Drehen“ dreht Teile mit bestimmten Geometrien nicht, bzw. nicht um jede Achse. Auch heißt es, in 3D-Ansichten würden Objekte um eine auf der Arbeitsebene senkrecht stehenden Achse gedreht. Tatsächlich aber wurden Objekte in 3D-Ansichten immer nur um die z-Achse gedreht, unabhängig von der ausgewählten Arbeitsebene.⁴⁴

⁴⁴ Die Funktion „immer vertikal“ bei den Familienparametern wurde deaktiviert.

Selbst erstellte Familien platzieren

Erstellte Elemente ließen sich nicht in der Höhe verschieben, die Angaben der Stockwerk-Abhängigkeiten wurden ignoriert. Und auch hier war das Drehen nur um die z-Achse möglich.

Absturz

Nach längerer Inaktivität stürzte Revit bei anschließendem Wechsel zum Programm mehrmals ab und erzeugte folgende Meldung:

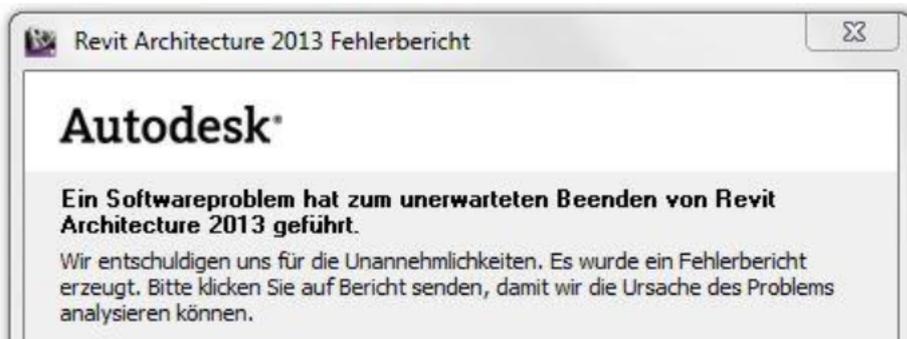


Abbildung 6-1 Absturz - Nach einer gewissen Leerlaufzeit neigt Revit zum Abstürzen.

Unmögliche Wandgeometrie

Eine ganz simple Wandgeometrie konnte nicht modelliert werden. Abbildung 6.2 zeigt den fehlerhaften Vorgang. Sobald die rechte, dünne Wand an die Säule herangezogen wurde, verschob sich die untere Grenze der Säule um wenige Zentimeter.

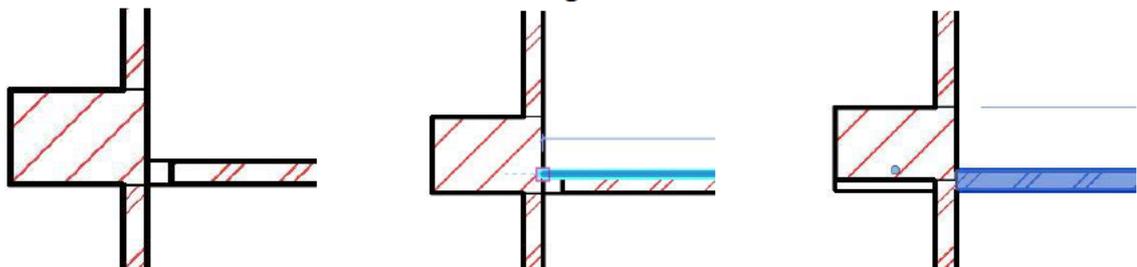


Abbildung 6-2 Ungewollter Versatz - links: Ausgangssituation, Mitte: Lücke soll geschlossen werden, rechts: Im Ergebnis verändert sich die Form der Säule

Fehlende Windows-Komponente

Nach jedem Schließen von Revit erschien eine Fehlermeldung, die auf das Fehlen einer Windows-Komponente aufmerksam machte. Trotz der Eingabe, dass das Programm ordnungsgemäß funktionierte, erschien diese Meldung nach jedem Schließen.

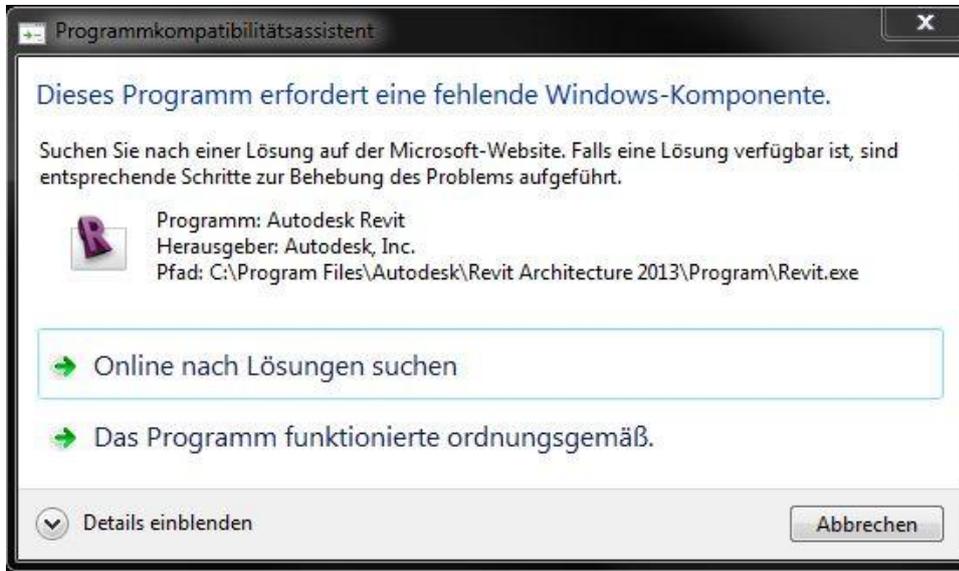


Abbildung 6-3 Fehlende Windows-Komponente

Nicht korrekte Darstellung

Eigene Texturen wurden in manchen Fällen im absoluten Vordergrund angezeigt, also auch vor Objekten, die die Texturen eigentlich verdecken sollten. Ein Beispiel hierfür zeigt Abbildung 6.4.



Abbildung 6-4 Falsche Darstellung - Die selbstgestellten Texturen der Eingangstüren werden vor allen anderen Objekten angezeigt.



Kapitel 7

7 Daten Ex- und Import

Revit unterstützt einige Exportformate für AutoCAD, wie das DWG-, das DXF- oder das DGN-Format. Während das DWG-Format herkömmliche Zeichnungsdateien kennzeichnet, lassen sich in einer DXF-Datei auch komplexe, dreidimensionale Objekte speichern. Durch die dabei klare Struktur, hat sich DXF als Standard etabliert. Zudem unterstützt Revit die Dateiformate DWF und DWFX, die hochkomprimierte Vektorformate zu Präsentationszwecken darstellen. DWFX ist dabei eine Weiterentwicklung von DWF, das auf dem XPS-Format von Microsoft basiert.⁴⁵

Autodesk bietet dem Nutzer aber auch die Möglichkeit, Bilder und Animationen in Standardformaten zu speichern. Für Bilder stehen die Formate BMP, JPG, PNG, TARGA und GIF zur Verfügung, für Animationen das AVI-Format oder eine Folge von Einzelbildern. Zudem lassen sich Berichte (Bauteillisten oder Raum-/Flächenauswertungen) aus einem Projekt exportieren, was stark die planerübergreifende Zusammenarbeit fördert. Weiter sind auch Gebäudegrundstücksexporte über sogenannte ADSK-Dateien möglich. Ebenfalls für interne Datentransfers geeignet ist das FBX-Format, das beispielsweise auch von 3ds Max, Maya oder Softimage geöffnet werden kann, um so Renderings, Animationen und Filme zu erstellen.⁴⁶

Eine weitere Möglichkeit, das ganze Modell zu exportieren, ist das Erzeugen einer gbXML Datei. Dieses Format hat sich zum Industriestandard entwickelt und wird neben Autodesk auch von Bentley und Graphisoft unterstützt.⁴⁷ Schließlich ist es selbstredend auch möglich, Modelle als IFC-Datei zu exportieren. Als solche, soll das Modell den intelligenten Datenaustausch zwischen allen beteiligten Planern fördern, Datenverluste minimieren und so den interaktiven Planungsprozess unterstützen. Von Architekten, über Tragwerksplaner und Statiker, HKLS Planer und FM Manager, bis hin zu Elektro- und Lichtplanern verfügen Planer aller Sparten über Programme, die das IFC-Format unterstützen.⁴⁸

⁴⁵ Vergleiche: Autodesk, <http://images.autodesk.com/adsk/files/dwfx1.readme.html>, zuletzt abgerufen am 24.3.2013

⁴⁶ Vergleiche: Autodesk, <http://usa.autodesk.com/fbx/>, zuletzt abgerufen am 24.3.2013

⁴⁷ Vergleiche <http://www.gbxml.org/>, zuletzt abgerufen am 15.1.2013

⁴⁸ Aus *Dipl.-Ing. Michael Degen und Dr. Thomas Liebich, „IFC Austauschformat für die TGA“*.



Kapitel 8

8 Visualisierung

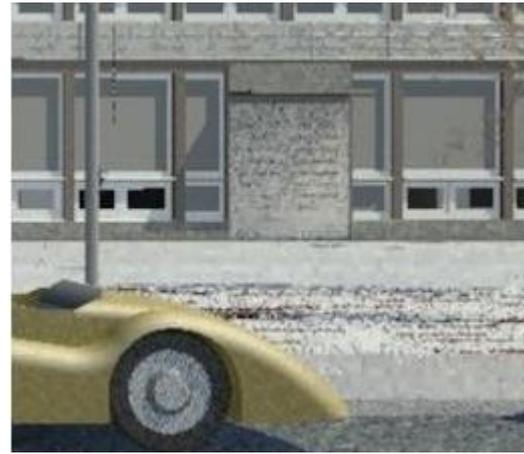
Zur besseren Visualisierung lassen sich Renderings und Walkthroughs⁴⁹ erstellen, die besonders gut für Präsentationszwecke geeignet sind. Wird ein Rendering erzeugt, lässt sich die äußere Orientierung der fiktiven Kamera komplett im Zeichenbereich einstellen. Wenn der Ort festgelegt wurde, kann mit der Angabe des Datums und der Uhrzeit außerdem der Sonnenstand, sowie der Schattenwurf berechnet werden. Je nachdem, wie viel Rechenaufwand investiert werden soll, lässt sich dann der Detaillierungsgrad des Renderings anpassen. Die Abbildungen 8.1 und 8.2 zeigen einen Ausschnitt des modellierten Gebäudes in den fünf verfügbaren Qualitätsstufen. Die Rechenzeiten für das Rendering in der Testumgebung (Leistungsinformationen im Anhang A) sind unter Abbildung 8.1 gegeben. Bei Bedarf lassen sich Renderings auch mit benutzerdefinierten Einstellungen erstellen. Hier können beispielsweise die maximale Anzahl an Reflexionen, die Präzision indirekter Beleuchtung oder das Antialiasing⁵⁰ manuell festgelegt werden. Optionen wie Helligkeit des Lichts oder die Sättigung der Farben können praktischerweise auch nach dem Rendern noch verändert werden, um ein stimmiges Bild zu schaffen. Auf Effekte wie Tiefenunschärfe oder Ähnliches verzichtet Autodesk allerdings. Trotzdem bietet Autodesk dem Anwender mit diesem Werkzeug mehr als genug, um sein Building Information Model kundengerecht zu präsentieren.

⁴⁹ Mit Walkthroughs lassen sich virtuelle Videokameras durch ein Modell leiten, deren Filme anschließend betrachtet werden können.

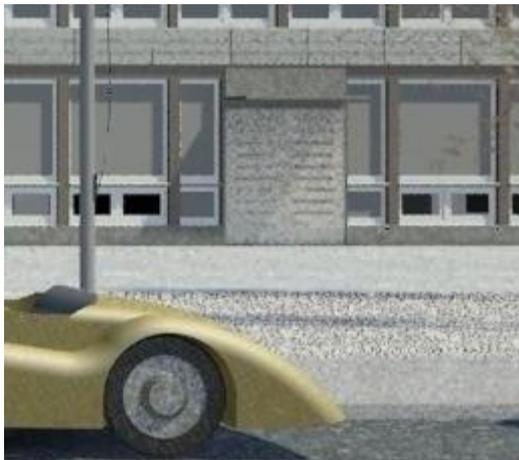
⁵⁰ Antialiasing bezeichnet eine Technik zur Kantenglättung.



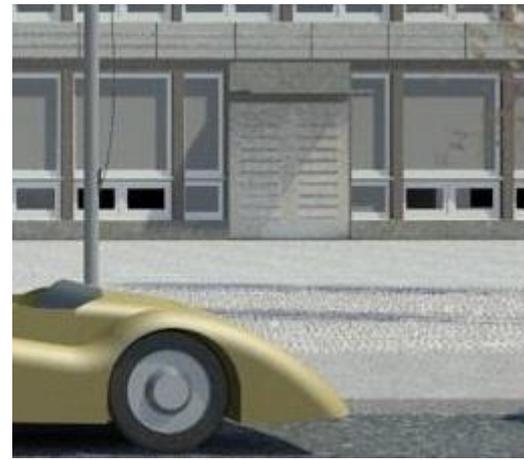
(a) Qualitätsstufe Entwurf – Berechnungszeit 1:24 Min.



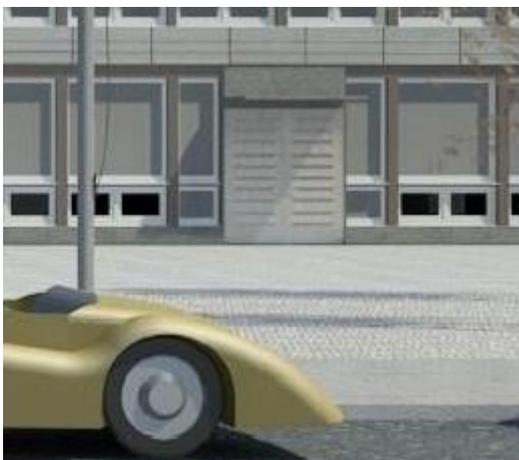
(b) Qualitätsstufe Niedrig – Berechnungszeit 1:42 Min.



(c) Qualitätsstufe Mittel – Berechnungszeit 4 Min.



(d) Qualitätsstufe Hoch – Berechnungszeit 16 Min.



(e) Qualitätsstufe Höchstmöglich – 62 Min.

Abbildung 8-1 Ausschnitt eines Renderings

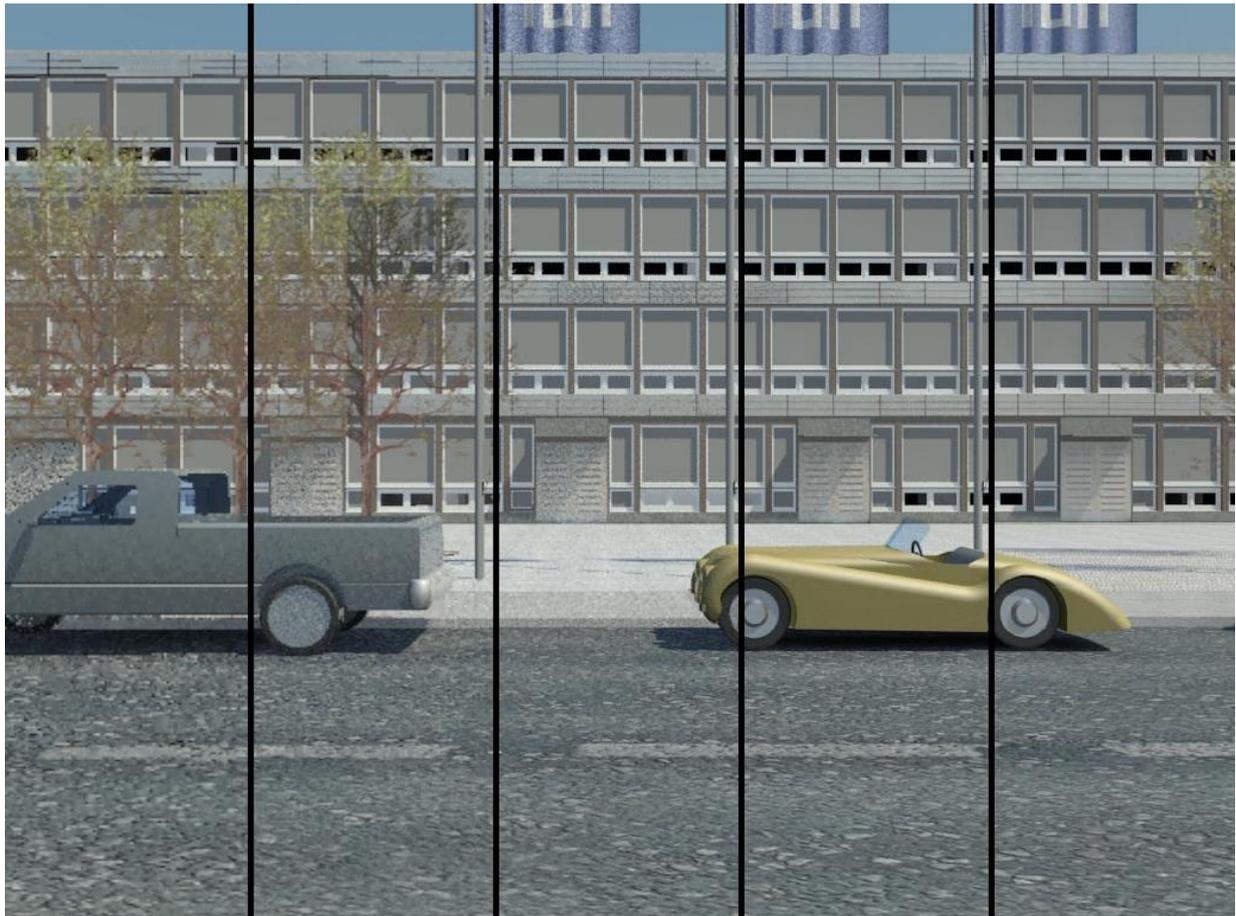


Abbildung 8-2 Vergleich der Qualitätsstufen im gesamten gerenderten Bild – links beginnend mit der geringsten Qualität



Kapitel 9

9 Zusammenfassung und Fazit

Der Prozess des Building Information Modeling hat sich in den letzten Jahren in sehr vielen Bereichen etabliert und dehnt sich noch immer weiter auf neue Bereiche aus. Längst beschränkt sich die verfügbare Software nicht mehr nur auf die Unterstützung von Architekten und Ingenieuren für Planungen im Hochbau, sondern deckt alle Planungsphasen ab. BIM umfasst viele weitere Bereiche im Bauwesen – von der Gebäudetechnik und dem Anlagenbau über die Verkehrswege- und Geländeplanung bis hin zur Energie- und Wasserversorgung. Auch erreicht BIM laufend neue Nutzergruppen, wie zum Beispiel Bauunternehmer, Investoren und Facility Manager. Die Zusammenarbeit mit Architekten und Ingenieuren, sowie die Abstimmung zwischen den beteiligten Planern wurden deutlich verbessert, was sich positiv auf die Planungssicherheit des Projekts auswirkt. Ein aktueller Trend ist die Verknüpfung von BIM- und GIS-Daten, um bisher ungenutzte Potentiale der bestehenden Daten zu entwickeln. Durch diese Symbiose der Daten könnten im Hochwasser- und Feuerschutz noch enorme Fortschritte erzielt werden.

Die wichtigsten Unternehmen, die Software für BIM anbieten, sind Nemetschek und Autodesk. Letzteres wurde durch viele Eigenentwicklungen, wie z.B. das Teamwork unterstützende Programm Revit Server, aber auch durch andere Programme wie 3ds Max zum größten und wichtigsten Hersteller in der Branche. Autodesk's neuestes Modellierungsprogramm Revit 2013, mit dem der Autor das Nordgebäude N1 der TU München modelliert hat, bietet verglichen mit Revit 2012 viele Neuerungen, welche allerdings oft nur die Bedienoberfläche verbessern und selten neue Möglichkeiten des Modellierens eröffnen.

Zwar ist das Programm längst ausgereift, doch fehlen für unerfahrene Anwender oft Funktionen, die eine intuitive Bedienung ermöglichen – nicht zuletzt durch meist unverständliche oder erst gar nicht erscheinende Fehlermeldungen. Nach einiger Eingewöhnungszeit beeindruckt jedoch die Vielfalt an Möglichkeiten intelligenter und

effizienter Modellierung, die dem Nutzer durch eine große Anzahl an Werkzeugen und editierbarer Eigenschaften geboten werden. Auch die Ex- und Importformate sind vielfältig und bieten bei Bedarf gute Austauschmöglichkeiten mit diversen Programmen. Insgesamt ist der Prozess der Modellierung aus dem Planungswesen nicht mehr wegzudenken und wird nach Meinung des Autors auch in Zukunft zu vielen Weiterentwicklungen führen.

Anhang A – Rechenumgebung

Weitere Details über den Computer

Komponente	Details	Teilbewertung	Gesamtbewertung
Prozessor	Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E8400 @ 3.00GHz	6,5	5,9 Ergibt sich aus der niedrigsten Teilbewertung
Arbeitsspeicher (RAM)	4,00 GB	6,7	
Grafik	NVIDIA GeForce GTS 450	7,2	
Grafik (Spiele)	2431 MB insgesamt verfügbarer Grafikspeicher	7,2	
Primäre Festplatte	314GB frei (466GB gesamt)	5,9	
Windows 7 Ultimate			

System

Hersteller	System manufacturer
Modell	P5Q
Gesamter System Speicher	4,00 GB RAM
Systemtyp	32 Bit-Betriebssystem
Anzahl der Prozessorkerne	2
64 Bit-fähig	Ja

Speicher

Gesamtgröße der Festplatte(n)	932 GB
Datenträgerpartition (C:)	314 GB frei (466 GB gesamt)
Datenträgerpartition (D:)	106 GB frei (466 GB gesamt)
Medienlaufwerk (E:)	CD/DVD
Medienlaufwerk (F:)	CD/DVD
Medienlaufwerk (G:)	CD/DVD
Medienlaufwerk (H:)	CD/DVD

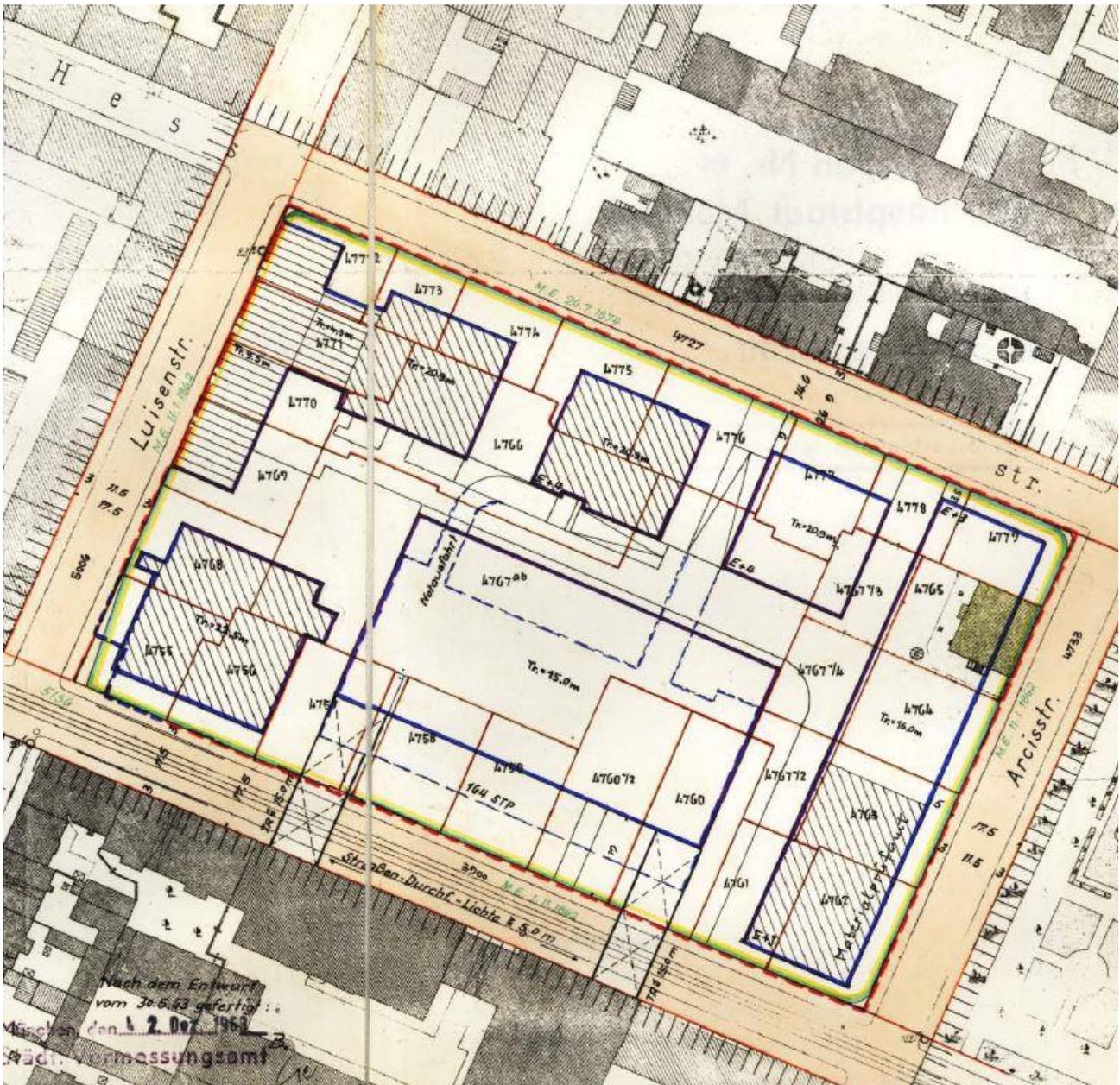
Grafik

Grafikkartentyp	NVIDIA GeForce GTS 450
Insgesamt verfügbarer Grafikspeicher	2431 MB
Dedizierter Grafikspeicher	1024 MB
Dedizierter Systemarbeitspeicher	0 MB
Gemeinsam genutzter System Speicher	1407 MB
Grafikkarten-Treiberversion	9.18.13.1070
Auflösung des primären Monitors	1920x1080
DirectX-Version	DirectX 10

Netzwerk

Netzwerkadapter	Atheros AR8121/AR8113/AR8114 PCI-E Ethernet Controller (NDIS6.20)
-----------------	---

Anhang B – Bebauungsplan



Anhang C – Compact Disc

Auf der beigefügten Compact Disc sind folgende Daten enthalten:

- Der schriftliche Teil der Arbeit als PDF-Datei
- Das Gebäudemodell des Nordgebäudes als Revit-Datei
- Selbst erstellte Familien
- Selbst erstellte Texturen
- Gerenderte Ansichten
- Anhang B als PDF-Datei

Abkürzungsverzeichnis

ATP.....Automatically Programmed Tools
BIM.....Building Information Modeling
B-rep.....Boundary Representation
CAD.....Computer Aided Design
CBA.....Cost-Benefit Analysis
CEA.....Cost Effectiveness Analysis
CityGML.....City Geography Markup Language
CPU.....Central Processing Unit
CSG.....Constructive Solid Geometry
DGM.....Digitales Geländemodell
DGN.....Microstation CAD drawing

DOS.....Disk Operating System
FM.....Facility Management
GIS.....Geoinformationssystem
HUD.....Head-Up-Display
IFC.....Industry Foundation Classes
MCA.....Multi Criteria Analysis
NN.....Normal Null
ODCB.....Open Database Connectivity
RPM.....Revolutions per Minute
WAN.....Wide Area Network



Literaturverzeichnis

Cameron, K., Roberts, M. (1992): Safe in Whose Hands? Scottish University Library Finances in the 1980s

Degen, M., Liebich, T. (2006/2007): IFC Austauschformat für die TGA. Fachjournal IHKS, Industrieverband Heizungs-, Klima- und Sanitärtechnik Bayern, Sachsen und Thüringen e.V.

Gallaher M.P., O'Connor A.C., Dettbarn, J.L., Jr., Gilday L.T. (2004): Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry

Heinrich L.J., Lehner F. (2005): Informationsmanagement: Planung, Überwachung und Steuerung der Informationsinfrastruktur

Isikdag, U., Zlatanova, S. (2009): A SWOT analysis on the implementation of Building Information Models within the geospatial environment

Premo D.A. (1994): APT - NASA Enhanced Version of Automatically Programmed Tool Software - Stand-Alone Version

Richter M. (2009): Zur Güte von Beschreibungsmodellen – eine erkenntnistheoretische Untersuchung

Weinholzer M. (2012): Analyse der BIM-Software Autodesk Revit Architecture 2012 anhand der Modellierung eines Gebäudes der Technischen Universität München, Bachelorthesis

Weitere Quellen

Zu Abbildung 2.1: Die Skizze des Geldes wurde der Seite <http://www.lachsalven.de/files/lachsalven/images/Skizze-geld.gif> entnommen.

Zu Abbildung 2.2: *The three R's*. Die Folie entstammt einer Präsentation des Moduls Land „Policy and Land Management“ aus der Vorlesung „Land Policy and Land Governance“ des Instituts für Geodäsie, GIS und Landmanagement (Lehrstuhl für Bodenordnung und Landentwicklung, Dozent: Dipl.-Ing. Msc. Jorge Espirnoza)



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1Vorteile von BIM in vier Punkten – Höhere Qualität, bessere Koordination, geringere Kosten, sowie eine erhöhte Geschwindigkeit sind die wichtigsten Vorteile von BIM.	14
Abbildung 2-2The three R's – Rechte, Einschränkungen und Verantwortlichkeiten sind auch in Bezug auf BIM Schlüsselemente.	17
Abbildung 2-3Suchanfragen 2005 bis 2012 - Der Trend ist schon in den letzten Jahren zu BIM übergegangen.	22
Abbildung 3-1Wide Area Network – Die Informationsflüsse sind schematisch als Pfeile dargestellt.	25
Abbildung 3-2Elemente in Revit – Ein Überblick der Objektstruktur am Beispiel von Stützen.....	26
Abbildung 3-3Filter für Ansichtstypen – für fast alle Ansichten sind nun Ansichtstypen erstellbar .	29
Abbildung 3-4Bemaßungstext – Anstelle der EQ-Anzeige ist der Bemaßungstext jetzt frei wählbar.	30
Abbildung 3-5Ansichtsreferenzen – Die Flexibilität von Ansichtsreferenzen wurde erhöht	30
Abbildung 3-6eigenes Bild im Hintergrund – In Seitenansichten kann ein eigenes Hintergrundbild gut aussehen, in den meisten anderen Fällen jedoch passt der statische Himmel nicht ins Bild.	31
Abbildung 3-7Anti-Aliasing – Im Grafikstil Realistisch machen Kanten oft keinen glatten Eindruck, wie hier besonders am Handlauf zu sehen.....	32
Abbildung 3-8Baugruppenansicht erstellen – in diesem Fenster finden sich jetzt mögliche Ansichten von allen Seiten.	34
Abbildung 3-9Treppengeländer – links: Darstellung in der Ansicht {3D}, rechts: gleiche Szene in der eigenen Ansicht EG 3D	35
Abbildung 4-1Streifenfundamente – Streifenfundamente an einer 25cm breiten Stahlbetonwand	39
Abbildung 4-2Wände im Nordgebäude - zwischen Büros und dem Flur bestehen die Wände aus einem von Betonsäulen gestützten Mauerwerk.....	40
Abbildung 4-3Textur eines Mauerwerks – zu einigen Texturen gibt Autodesk eine Bumpmap.....	42
Abbildung 5-1Gang mit Treppe – Details am Fuß der Treppe könnten bei komplexeren Modellen nicht ohne einen manuellen Schnitt betrachtet werden.....	47
Abbildung 6-1Absturz - Nach einer gewissen Leerlaufzeit neigt Revit zum Abstürzen.	52
Abbildung 6-2Ungewollter Versatz - links: Ausgangssituation, Mitte: Lücke soll geschlossen werden, rechts: Im Ergebnis verändert sich die Form der Säule	52
Abbildung 6-3Fehlende Windows-Komponente.....	53
Abbildung 6-4Falsche Darstellung - Die selbsterstellten Texturen der Eingangstüren werden vor allen andren Objekten angezeigt.	54
Abbildung 8-1Ausschnitt eines Renderings	57
Abbildung 8-2Vergleich der Qualitätsstufen im gesamten gerenderten Bild – links beginnend mit der geringsten Qualität	58

Eidesstaatliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelorthesis selbstständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht.

Ich versichere außerdem, dass die vorliegende Arbeit noch nicht einem anderen Prüfungsverfahren zugrunde gelegen hat.

München, 31. März 2013

Paul-Gérard Pellekoorne

Paul-Gérard Pellekoorne

████████████████████
████████████████
██