

# **Prozessoptimierung für BIM-unterstützte lebenszyklusorientierte Planung**

Iva Kovacic & Lars Oberwinter

Fachbereich für Industriebau und Interdisziplinäre Bauplanung, TU Wien, Österreich

## **Kurzfassung**

In diesem Paper wird das interdisziplinäre Forschungsprojekt „BIM\_sustain“ (BIM-unterstützte Planung für nachhaltige Gebäude) vorgestellt. Das primäre Ziel des Projektes ist die Entwicklung der Strategien zur Gestaltung von zeit- und kosteneffizienten, BIM-unterstützten Planungsprozessen. In der Folge wird der State-of-the-Art der BIM-unterstützten Planung analysiert und die Defizite und Potentiale der BIM-Werkzeuge bezüglich einer lebenszyklischen Gebäude-Optimierung erörtert. Durch ein Experiment im Rahmen einer interdisziplinären Lehrveranstaltung mit Studierenden aus der Architektur und dem Bauingenieurwesen soll die BIM-unterstützte Planung für ein nachhaltiges Gebäude von komplexer Geometrie simuliert und evaluiert werden. So können für die individuellen BIM-Werkzeuge maßgeschneiderte strategische Optimierungskonzepte für den interdisziplinären Planungsprozess ausgearbeitet werden.

## **1. Problemstellung**

Unter dem Terminus BIM (Building Information Modeling) versteht man eine objektorientierte digitale Repräsentation des Gebäudes, welche Interoperabilität und Datenaustausch im digitalen Format ermöglicht (Kiviniemi, 2008). BIM ist vor allem als Prozess mit Schwerpunkt auf Modellbildung und Informationsaustausch zu verstehen (Succar, 2010).

Mit den stetig wachsenden technischen Möglichkeiten der verfügbaren BIM-Softwares steigt auch deren Marktanteil im Planungsbereich. Doch trotz des großen Interesses der Hochbau-Branche an dieser Arbeitsweise steht die Entwicklung des Know-hows zur Gestaltung des Prozesses mit diesen neuen Werkzeugen immer noch stark im Hintergrund. Die steigende Komplexität des Planungs- und Bauprozesses, verursacht durch zunehmende Projektgrößen, komplexere Gebäude-Geometrie, zahlreiche Anforderungen an die Gebäudeperformance im Hinblick auf Energie- und Ressourceneffizienz, Gebäudezertifikate und viele andere Faktoren, führen zu einer wachsenden Anzahl der am Planungsprozess beteiligten Disziplinen.

Mit ihr erweitert sich auch das Spektrum der eingesetzten Spezialwerkzeuge, mit Hilfe derer die jeweilige Disziplin ein Bauvorhaben planerisch konzipiert, analysiert und darstellt. Mit der Marktplatzierung ausgereifter BIM-Softwares kamen verstärkt Wünsche und Hoffnungen der Praktiker auf, das gesamte Gebäude in einem gemeinsamen digitalen Modell abbilden zu können. Jedoch offenbart sich in der praktischen Anwendung der BIM-Methodik ein breites Spektrum an Problemfeldern: Beispiele für die technologischen Herausforderungen bilden dabei die Schnittstellenproblematik im Datentransfer der interdisziplinären Modelle, die heterogenen Datenstrukturen der unterschiedlichen Programme, die Art der Modellbildung und -verwaltung bei immer größeren Datenmengen und vor allem die Gewährleistung einer jederzeitigen Kohärenz sämtlicher Daten durch automatisierte Synchronisation. Auch sind semantische Problemstellungen zu identifizieren – sämtliche Disziplinen benötigen individuelle Informationen, die professionellen Sprachen sind ebenso unterschiedlich wie die Mittel und Methoden ein Gebäude abzubilden. Das Spektrum reicht dabei von den Listen für Projektmanagement und Ausschreibung über die reduzierten Scheibenmodelle der Tragwerksplanung für Erdbebensimulation bis hin zur vollständigen räumlichen Abbildung des Architekturmodells und den geometrisch komplexen Elementen der Gebäudetechnik.

Die optimale Verwaltung, Filterung und verlässliche Synchronisation dieser sehr unterschiedlichen Informationen im Kontext der in der Bauindustrie vorherrschenden, äußerst heterogenen Softwarestruktur bedingt ein hohes Maß an organisatorischer Vorarbeit, interdisziplinärer Absprache und technischem Know-how. Eine Musterlösung zur vollständigen Abdeckung dieses großen Aufgabenspektrums existiert bis dato nicht und ebenso fehlt es an unabhängigen Leitfäden, was im Regelfall zu einem hohen Kommunikations-, Organisations- und somit Zeitaufwand im Planungsprozess führt und großes Fehlerpotential in sich birgt.

Es ist generell festzuhalten, dass BIM-Werkzeuge sehr viel Potential aufweisen, allerdings sind sie aber durch die Software-Hersteller generell technologiegetrieben. In einigen Ländern (Skandinavien) wird BIM bereits durch regulative Richtlinien und Vorgaben angetrieben. BIM weist als Werkzeug hohes Potential auf, die gängigen Planungsprozesse grundsätzlich zu verändern, jedoch ist dieses Potential nur in geringem Masse ausgeschöpft. Dies hat zahlreiche Gründe: Lückenhafte Interoperabilität der unterschiedlichen für die Herstellung der BIM-Modelle notwendigen Software-Pakete, nicht vorhandene Normen und Standardisierung und letztlich der bereits gut nachweisbare Widerstand gegenüber Innovationen in der

Baubranche. Die Thematik ist auch extrem komplex. Expertenwissen ist notwendig und ein Bewusstsein für das Potential der langfristig nachhaltigen Benefits für Unternehmen, aber auch jenes für die bebaute Umwelt ist noch äußerst mangelhaft (Prins & Owen, 2010). Gerade im Bereich des Facility Managements sind die vollen Potentiale der BIM-Utilisierung noch weitgehend unerforscht, wobei gerade diese längste und durch große Dynamik (Modernisierung, Umnutzung) gekennzeichnete Phase des Lebenszyklus den größten Nutzen vom ausgereiften BIM-Gebäudemodell beziehen könnte. Konkret bietet BIM das Nutzungspotential für Facility Management im Bereich der Flächenverwaltung, Instandhaltung und Wartung, Modernisierung und Sanierung.

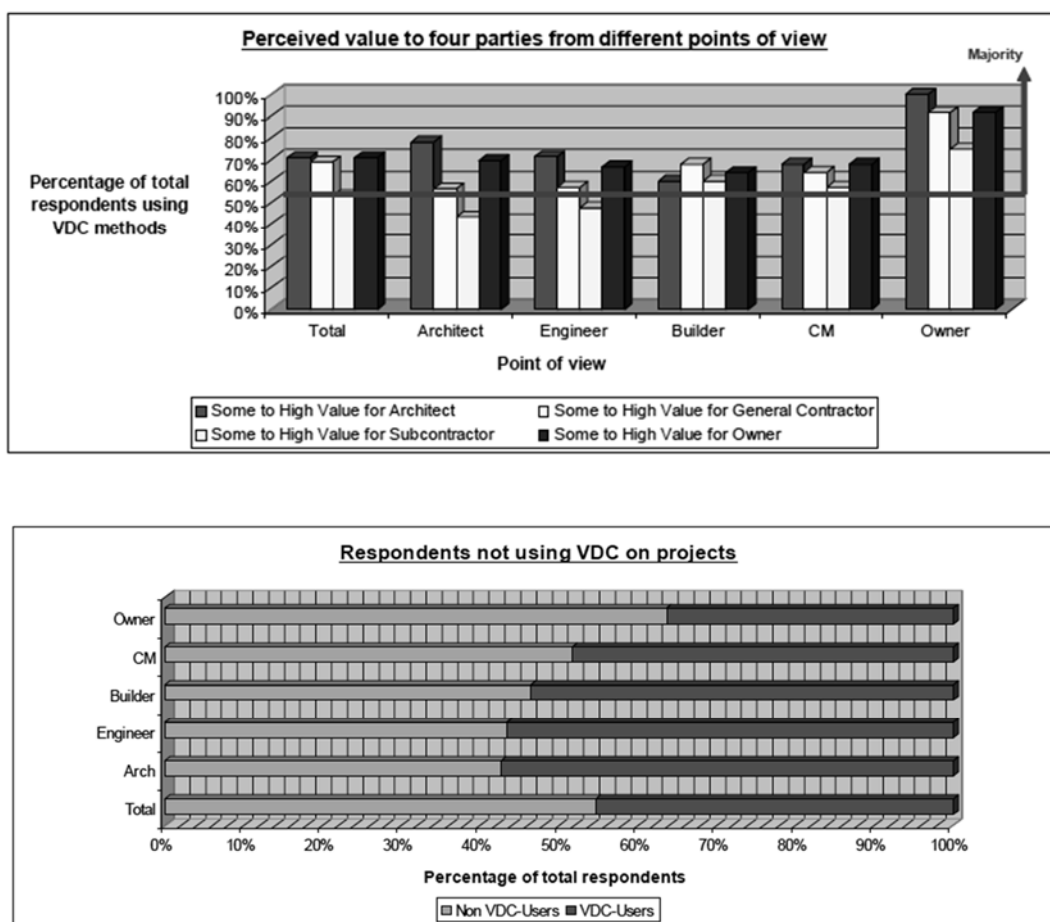


Abb.1: Empfundener Wert versus tatsächlicher Nutzung des BIM nach Disziplin (Gilligan & Kunz, 2007)

In der Umfrage der Studie des Stanford Centers for Integrated Facility Engineering (Gilligan & Kunz, 2007) haben die Gebäudebetreiber (Owners) das größte BIM-Nutzungspotential vermeldet, sind aber gerade diejenigen die es am wenigsten nutzen (Abb.1) – nach wie vor erfährt BIM den größten Einsatz und die Folge-Benefits in der Planungs- und Errichtungsphase.

Von Penn State und Building Smart Alliance wurde ein umfangreiches BIM-Handbuch für Gebäudebetreiber herausgebracht, wo besonders die lebenszyklische Nutzung angesprochen wird. Als BIM-Einsatz-Bereiche in der Nutzungsphase werden Datenübergabe, Performance Monitoring, Systemsteuerung, Flächenverwaltung, Anlagenverwaltung, Instandhaltungsmanagement und Szenario-Bildung definiert (Abb. 2).

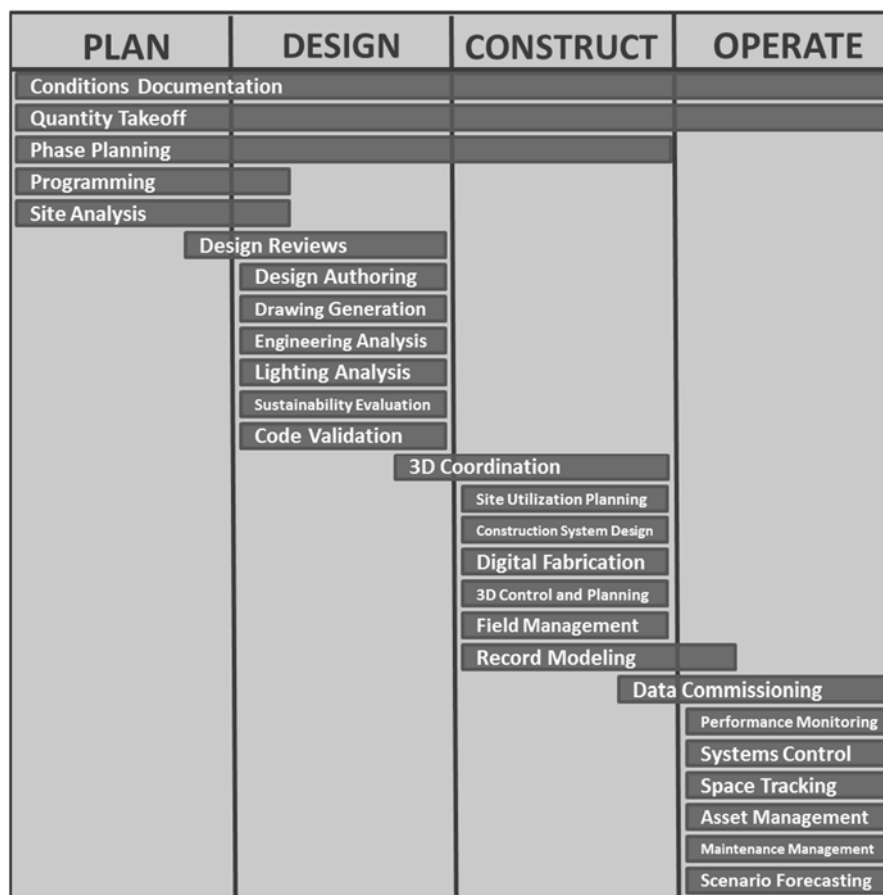


Abb. 2: BIM-Nutzung in unterschiedlichen Lebenszyklusphasen  
(Computer Integrated Construction Research Program , 2012)

Bei der Gebäudeübernahme steht dem Facility Management ein Gebäudemodell mit sämtlichen Daten (Floor-Layout, Brandschutz- und Fluchtwegplan, TGA-Planung, bauteilbezogene Daten zu Lebensdauer, Material, bauphysikalische Eigenschaften usw.) zur Verfügung. Die Informationsdichte und -menge kann je nach Bedarf maßgeschneidert vorbereitet werden. So würde beispielsweise jedes Haustechnikelement die Herstellerangaben zu Bauteildauer, Inspektions- und Wartungshäufigkeit beinhalten – die Voraussetzung für ein Modell dieses Detaillierungsgrades jedoch ist die standardisierte Produktdatenmodellierung (Objektbibliothek des Herstellers) – integriertes Produktdatenmanagement ist die Voraussetzung für eine lebenszyklische BIM-Nutzung (von Both, 2011).

## 2. Stand der Technik

Grundsätzlich erfährt BIM eine viel langsamere Akzeptanz in der Baupraxis als einst die 2D-CAD-Werkzeuge (Whyte et al., 2002). Ganz im Gegensatz zu Europa und insbesondere Österreich ist die BIM-unterstützte Planung in den USA bereits sehr weit verbreitet.

Die wichtigste Studie zur BIM-Anwendung im westeuropäischen Raum (Großbritannien, Frankreich, Deutschland), welche den direkten Vergleich zur USA setzt, ist die aus 2010 stammende Studie von McGraw Hill: „The Business Value of BIM in Europe“ (McGraw Hill, 2010). Die Studie identifiziert die BIM-Durchsetzung am US-amerikanischen-Markt mit 50%, im westeuropäischen Raum hingegen mit nur 34%, jedoch ist der Erfahrungsgrad mit BIM in den untersuchten EU-Ländern wesentlich höher (24% der Unternehmen haben bereits fünf Jahre Erfahrung mit BIM, in den USA hingegen sind es nur 18%). Die Schlüssel-Frage der Praxis nach dem positiven Return of Investment (ROI) von BIM unterscheidet sich je nach Anwender sehr stark. In der westlichen EU vermelden nur 40% der Generalunternehmer einen positiven ROI, in den USA sind es 75%, ganz anders bei Ingenieurbüros – 70% der westlichen EU-Ingenieure steigen mit positivem ROI aus, in den USA sind es 46% (McGraw Hill, 2010). Die Problematik der Bewertung (Assessment) der BIM-Implementierung innerhalb des Unternehmens wird weiterhin angesprochen – nur 18% der BIM-Einsteiger bewerten tatsächlich den Erfolg, 46% davon melden scheinbar einen ROI, welcher besser ist als ein Break-even.

Die zwei Themen (ROI und Assessment) traten auch durch die Interviews und Beobachtungen der Planenden und BIM-Software-Vertreiber hervor und sollten als Schlüsselfragen für die weitere Forschung behandelt werden. In einem Land wie Österreich, in dem Durchschnitts-Architekturbüros aus 2,7 Angestellten bestehen (Forlati & Isopp, 2008) und somit die Praxis dominiert, ist natürlich die Frage des ROI wegen der relativ hohen Anschaffungs- und vor allem Folgekosten, wie Schulungskosten für die Mitarbeiter, trotz technologischem Fortschritt und Produktionssteigerungsversprechen eine wesentliche, existentielle Entscheidung. Da die meisten Büros (insbesondere Architekturbüros) projektorientiert sind, ist die Mitarbeiterfluktuation und damit der Know-how-Verlust sehr hoch. Die wichtige Erkenntnis bei der Implementierung der BIM-gestützten Planungsmethodik im Planungsbüro ist, dass es dabei um mehr als eine andere, neue Planungsmethode geht, es ist gleichzeitig eine Entscheidung, welche Unternehmenskultur und -management auf mehreren Ebenen betrifft.

Die meisten Software-Hersteller bieten bereits seit längerer Zeit BIM-Software-Lösungen für die Bauplanung an. Die Software-Pakete jedoch, die eine integrale Herangehensweise unterstützen würden, sind eher selten. Architektur und Tragwerkplanung, Technische Gebäudeausstattung (TGA), Bauphysikalische Optimierung, Kosten und Lebenszykluskosten aus einer Hand sind nicht erhältlich. Auch auf Grund der unterschiedlichen und meist immer neuen Projekt-Konstellationen bei neuen Projekten kommen auch neue Kombinationen von Software-Tools auf, daraus resultiert auch die Schnittstellenproblematik. Die meisten Modellierung-Softwares in der Bauindustrie ermöglichen die Verwendung des IFC-Formats (Industry Foundation Classes), welche als solche die wichtigste Schnittstelle bildet. In der letzten Zeit haben einige Länder (Skandinavien, USA, Holland) in öffentlichen Bauplanungen das IFC-basierte Modell verpflichtend eingeführt. Unterschiedliche Initiativen und meist Web-basierte Plattformen der Software-Hersteller und -benutzer haben sich dieser Problematik bereits gewidmet und beteiligen sich intensiv an der Weiterentwicklung der IFC-Schnittstellen, so wie z.B. bei der Open BIM-Plattform oder BuildingSmart (2012).

Wichtig ist nochmals festzuhalten, dass es zur Schnittstellen-Problematik bereits einige Forschungsstudien mit Schwerpunkt auf Interoperabilität in der internationalen Gemeinschaft gibt (Kiviniemi et al., 2005). Jedoch wurde erst unlängst in der Forschungsgemeinschaft erkannt, dass nicht nur die Beseitigung der technologischen Probleme, sondern vor allem mehr Verständnis und Wissen für die Arbeitsweise und Unternehmensorganisation grundlegend sind für eine erfolgreiche Implementierung von BIM (Rekola et al., 2010). Nicht nur die Interoperabilität der Werkzeuge ist notwendig, sondern durchaus auch die jene der unterschiedlichen am Planungsprozess beteiligten Unternehmen, sowie eine genaue Rollenzuweisung und Definition der Arbeitsprozeduren innerhalb eines BIM-Prozesses.

### **3. BIM für lebenszyklische Gebäude-Optimierung**

Das lebenszyklusorientierte Konzept für Gebäudeplanung, -herstellung und -betrieb wird zurzeit mehrfach in der Literatur, Forschung aber auch Öffentlichkeit befürwortet. Die amerikanische AIA entwickelte das Integrated Project Delivery Prozedere (IPD, 2012) vor, welche einerseits die neuen Technologien, andererseits das Teamwissen und das maßgeschneiderte Vertragswesen für eine lebenszyklische Wertschöpfung nutzt. CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction) schlägt das sogenannte Integrated Design and Delivery Solutions (IDDS) Modell (Prins & Owen, 2010) vor, welches auf einer kollaborativen Arbeitsweise und gesteigerten Kompetenzen der Prozessbeteiligten aufbaut, sowie auf dem integralen Daten-, Informations- und

Wissensmanagement-Modell, um die Wertschöpfung entlang des Gebäude-Lebenszyklus zu steigern. Dabei unterstützt die BIM-Technologie die Planung, Errichtung, Betrieb, Umbau/Umnutzung und letztendlich den Abbruch des Gebäudes, wobei der lebenszyklische Gedanke ein Bestandteil jeder Lebensphase ist. In Österreich wird vom IG-Lebenszyklus Hochbau das Modell des Lebenszyklus-Unternehmers als Gesamtverantwortlicher für die lebenszyklische Gebäudeperformance vorgeschlagen (Heid & Friedl, 2011), die größte Herausforderung liegt hierbei weniger bei der Implementierung der Technologie, sondern vielmehr bei der Bemühung alle Disziplinen, insbesondere das Facility Management, bereits in den frühen Planungsphasen in eine kollaborative Planung einzubeziehen.

Die BIM-Tools, welche eine ganzheitliche, lebenszyklusorientierte Daten-Integration erlauben würden, sind zur Zeit noch nicht vorhanden, da diese einen hohen Grad an Standardisierung voraussetzen – nicht nur die der Bauelemente und Komponenten (Informationssätze) sondern auch der Prozesse. Nach wie vor bleiben die technologiebezogenen Probleme die Schnittstellenproblematik und die reibungslose Datenübertragung ohne Informationsverlust, wobei die Weiterentwicklung des IFC-Standards das größte Potential in sich birgt. Die größten Herausforderungen allerdings bleiben im Bereich der Menschen und des Prozesses selbst – der Prozess der Modellbildung der integralen, interdisziplinären Gebäudemodelle verlangt ein hohes Maß an Wissen und detaillierte Konventionen zwischen allen Planungsbeteiligten (Sachs et al., 2010; Plume & Mitchell 2007; Arayici, 2011). Diese Vorgehensweise würde eine enge Kooperation und Abstimmung der Planenden, Errichter, Komponentenhersteller und Betreiber voraussetzen, welche aus der Autoindustrie bereits längst bekannt ist, jedoch im Bereich Hochbau nach wie vor kaum Anwendung findet.

#### **4. Empirische Forschung durch das Experiment**

Ziel des BIM\_sustain Projektes ist es, die Strategien zur Gestaltung zeit- und kosten-effizienter, BIM-unterstützter Planungsprozesse zu entwickeln. Dabei werden nicht nur Technologie-Fragen (Interoperabilität), sondern durchaus auch unternehmensrelevante Fragen (Prozesse, Menschen, Kommunikation) untersucht. Gemeinsam mit BIM-Software-Herstellern und -Händlern als Wirtschaftspartner sollen dabei die unterschiedlichen Stufen der BIM-Implementierung im Rahmen des Planungsprozesses analysiert und optimiert werden. So können für die individuellen BIM-Werkzeuge maßgeschneiderte strategische Optimierungskonzepte für den interdisziplinären Planungsprozess ausgearbeitet werden.

Durch die explorative Forschung - ein Experiment mit Studierenden unterschiedlicher Studienrichtungen - sollen kollaborative, multi-disziplinäre BIM-gestützte Planungsprozesse für ein nachhaltiges Bürogebäude (Niedrigenergiestandard, Massivbauweise) von komplexer Geometrie simuliert werden. Dabei soll ein Architektur-, Tragwerk-, thermisches und für TGA stellvertretendes Lüftungs-Modell erstellt und optimiert werden.

Die Studierenden der Studienrichtungen Architektur, Bauingenieurwesen und Master of Building Science bilden ein interdisziplinäres Team. Die Teams wurden anhand eines Prequestionnaires gebildet, wo die Software-Kenntnisse, -Erfahrung und -Präferenzen abgefragt wurden. Die Abbildung 3 zeigt dabei die Teams und die zu verwendenden Softwarekombinationen:

|    | Architekt                   | Bauingenieur             |               | Building Science |              |
|----|-----------------------------|--------------------------|---------------|------------------|--------------|
|    | CAD                         | CAD                      | FEM           | CAD              | Berechnungen |
| 1  | Allplan                     | Allplan                  | Scia Engineer | Allplan          | Allplan      |
| 2  | Autodesk Revit Architecture | Autodesk Revit Structure | SOFISTIK      | PLANCAL          | PLANCAL      |
| 3  | GRAPHISOFT ARCHICAD 10      | TEKLA                    | Diwal         | PLANCAL          | PLANCAL      |
| 4  | GRAPHISOFT ARCHICAD 10      | Allplan                  | Diwal         | PLANCAL          | PLANCAL      |
| 5  | Autodesk Revit Architecture | Allplan                  | Scia Engineer | PLANCAL          | PLANCAL      |
| 6  | GRAPHISOFT ARCHICAD 10      | Allplan                  | Diwal         | PLANCAL          | PLANCAL      |
| 7  | Allplan                     | TEKLA                    | SOFISTIK      | PLANCAL          | PLANCAL      |
| 8  | Autodesk Revit Architecture | TEKLA                    | Scia Engineer | Allplan          | Allplan      |
| 9  | GRAPHISOFT ARCHICAD 10      | Autodesk Revit Structure | Diwal         | PLANCAL          | PLANCAL      |
| 12 | GRAPHISOFT ARCHICAD 10      | Allplan * TEKLA          | Diwal         | PLANCAL          | PLANCAL      |
| 13 | GRAPHISOFT ARCHICAD 10      | TEKLA                    | SOFISTIK      | PLANCAL          | PLANCAL      |

Abb. 3: Überblick über die Teams und Softwarekombinationen

Im Laufe der Lehrveranstaltung werden zwei Modelle simuliert und verglichen: BIM - „Zentral“ und BIM-„Integral“-Modell. Beim BIM-Zentral (Abb. 3, Gruppen 3-11) wird mit unterschiedlichen und für jede Disziplin maßgeschneiderten Software-Lösungen, ausgehend vom zentralen Architekturmodell, gearbeitet. Mittels IFC-Schnittstelle werden die Daten ausgetauscht. Beim BIM-Integral (Abb. 3, Gruppen 1 und 2) wird in einer Software-Plattform gearbeitet: Nemetschek Allplan (2012) oder Autodesk Revit (2012). Durch das Experiment sollen die Fragestellungen der Produktivitätssteigerung, Kommunikationsaufwand, Prozesseffizienz und Arbeitsaufteilung durch qualitative (Feedbackworkshop) und quantitative (Stundenliste, Protokolle) Auswertung behandelt werden.



Folglich können Schlussfolgerungen für ROIs und Benefits von BIM für Unternehmen aber auch das Projekt im allgemeinen (Konfliktpotential, Kommunikationsaufwand, Nutzerfreundlichkeit) beantwortet werden.

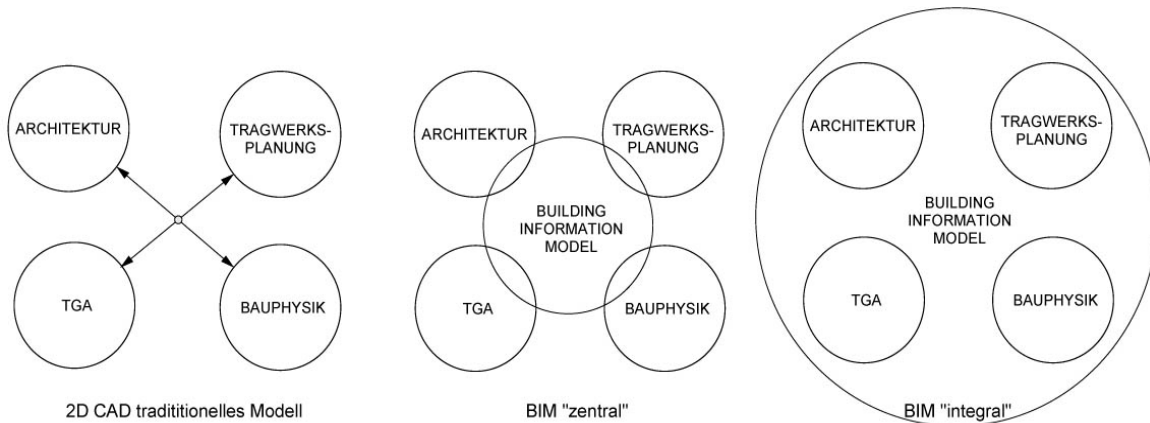


Abb. 4: Experiment-Modell : 2D-Modell – BIM „zentral“ – BIM „integral“

Einerseits wird dabei der interdisziplinäre Prozess abgebildet und untersucht (durch Teilnahme und Zusammenarbeit der unterschiedlichen Disziplinen) und andererseits die Interoperabilität und Benutzbarkeit der spezifische Tools der jeweiligen Disziplinen getestet.

## 5. Geplante Ergebnisse

Ziel des Experiments ist es, die im Planungsprozess für eine effiziente BIM-Implementierung kritischen Punkte zu identifizieren, sowie die Software-Tools derart zu testen, um sie für den Arbeitsprozess der Architekten, Konsulenten (Tragwerksplanung, TGA, Bauphysik) und anderen Akteuren aufzuzeigen.

Die zu erwartenden Ergebnisse:

- Qualitative und quantitative Auswertung des BIM-gestützten Planungsprozesses – Produktivitätssteigerung, Kommunikationsaufwand, Arbeitsaufteilung
- Qualitative Auswertung der technischen Aspekte: Interoperabilität, Usabilität
- Beitrag zur Lösung der Schnittstellenproblematik durch Definition der Übergabe von Teilmodellen (Architektur-TWPLA-TGA-BPH)
- Empfehlungen und Verbesserungsvorschläge für die Software-Hersteller, um ihre Produkte für einen IPD-Prozess zu optimieren, Identifikation der Benefits von BIM: Mehrwert für Unternehmen, Nachhaltige Planungserfolge, Lebenszyklische Gebäudeoptimierung

- Modell und Leitfaden zur Implementierung von BIM im Planungsbüro, nach unterschiedlichen Stufen der BIM-Reife

Ein Leitfaden für ein IPD-Planungsprozess-Modell ist auszuarbeiten, mit Definition der Zuständigkeiten, Arbeitsprozeduren und Work-Load-Distribution, Haftungsfragen, Honorierungsfragen. Letztendlich soll das Projekt im Wesentlichen zur Bewusstseinsbildung für die interdisziplinäre Kollaboration beitragen, welche zusammen mit BIM-Technologie die Basis für die Lebenszyklische Gebäudeplanung und -optimierung bildet.

## Literaturverzeichnis

- Arayici, Y., Coates, P., Kiviniemi, A., Koskela, L., Kagioglou M. (2011): BIM implementation and Adoption Process for an Architectural Practice. FIATECH Conference, USA.
- Autodesk Revit (2012): <http://www.autodesk.de/adsk/servlet/pc/index?id=14644879&siteID=403786> (last accessed April 2012)
- Building Smart (2012): <http://buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview/ifc-overview-summary> (last accessed 28 April 2012)
- Computer Integrated Construction Research Program (2012): BIM Planning Guide for Facility Owners, Version 1.01, May, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. <http://bim.psu.edu>.
- Forlati, S., Isopp, A. (2008): Wonderland Manual for Emerging Architects, Wien, New York: Springer Verlag.
- Gilligan B., Kunz J. (2007): VDC Use in 2007: Significant Value, Dramatic Growth, and Apparent Business Opportunity, Center for Integrated Facility Engineering, Report #TR171.
- Heid S., Friedl K. (2011): Herangehensweise Prozessmodell. In: 1. Kongress Lebenszyklus Hochbau, 08.11.2011, Wien, <http://www.ig-lebenszyklus.at/rueckblick-2011/praesentationen.html> (last accessed 11 September 2012)
- IPD (2012): <http://www.aia.org/contractdocs/AIAS077630> (last accessed 11 September 2012)
- Kiviniemi, A., Fischer, M., Bazjanac, V. (2005): Integration of Multiple Product Models: IFC Model Servers as a Potential Solution, In: Proc. of the 22nd CIB-W78 Conference.
- Kiviniemi, A., Tarandi, V., Karlshoj, J., Bell, H., Karud, O. (2008): Review of the Development and Implementation of IFC Compatible BIM. Erabuild, 128 pp.
- McGraw Hill Construction (2010): The Business Value of BIM in Europe, [http://bim.construction.com/research/FreeReport/BIM\\_Europe](http://bim.construction.com/research/FreeReport/BIM_Europe) (last accessed 28 April 2012)
- Nemetschek Allplan (2012): [www.nemetschek.eu](http://www.nemetschek.eu) (last accessed 28 April 2012)

- Plume, J., Mitchell, J.(2007): Collaborative design using a shared IFC building model - Learning from experience. In: Automation in Construction, Vol. 16, pp. 28-36.
- Prins, M., Owen, R. (2010): Integrated Design and Delivery Solutions, In: Architectural Engineering and Design Management, Vol. 6: 227-231.
- Sacks, R. Kaner, I., Eastman, M. C., Jeong, Y. S. (2010): The Rosewood experiment - Building information modeling and interoperability for architectural precast facades. In: Automation in Construction, Vol. 19, pp. 419–432.
- Succar, B. (2010): The five components of BIM performance management, In: Proceedings of CIB World Congress, Salford.
- von Both, P. (2011) : Produktdatenmodellierung - Aktuelle Entwicklungen und Möglichkeiten der Vernetzung von Produkt- und Prozessebene, In: 1. Internationaler BBB-Kongress, Dresden 15.09.2011.
- Whyte, J. et al. (2002): IT implementation in the construction organization, In: Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 9 (5-6), 371-377.